परमाणु-शक्ति

ज्ञानमण्डल ग्रन्थमालाका ४७ वाँ ग्रन्थ

परमाणु-शक्ति

लेखक

भगवतीप्रसाद श्रीवास्तव

वाराणसी

ज्ञानमण्डल लिमिटेड

मूल्य ३)

द्वितीय संस्करण, १९५९

प्रकाशक—ज्ञानमण्डल लिमिटेड, वाराणसी (बनारस)-१

मुद्रक—ओम्प्रकाश कपूर, ज्ञानमण्डल लिमिटेड, वाराणसी. ५४७७-१५

प्राक्कथन

गत दो-तीन शताब्दियोंमें वैज्ञानिकने तीव्र गतिसे हमारे समाजकी रूपरेखामें क्रान्तिकारी परिवर्तनोंका समावेश किया है। वाष्पयुगकी औद्योगिक क्रान्तिके बाद ही विद्युत् शक्तिपर काबू हासिल करनेका गुर वैज्ञानिकने मालूम किया। और अभी संसार विद्युत् शक्तिसे पूरा फायदा उठा भी न पाया था कि परमाणुमें निहित अपरिमित शक्तिके विमुक्त करानेका रहस्य भी वैज्ञानिकने मालूम कर लिया।

शक्तिके इस नवीन स्रोत द्वारा समाजकी रूपरेखामें पुनः परिवर्तनोंका होना अवश्यम्भावी है। कदाचित् परमाणु-शक्तिकी खोज मानव-समाजके विकासकी दृष्टिसे उतनी ही महत्त्वपूर्ण है जितनी अतीतके मानव द्वारा अग्नि उत्पन्न करनेकी घटना। अवश्य ही परमाणु-शक्तिमें निहित ध्वंसकारी सम्भावनाएँ भी कुछ कम भयानक नहीं हैं। वास्तवमें इस नवजात शिशुके प्रथम क्रन्दनकी ध्वनि हमें हिरोशिमाके विस्फोटके रूपमें ही सुनाई पड़ी थी।

विज्ञानके बलपर आधुनिक युगका मानव देश और कालके प्रतिबन्धसे मुक्त-सा हो चुका है—संसारके दूसरे छोरपर बसनेवाले लोग भी हमारे निकटतम पड़ोसी बन गये हैं। अतः आज सबसे अधिक इस बातकी आवश्यकता महसूस की जा रही है कि हम सीखें कि विभिन्न राष्ट्रोंके बीच मैत्रीकी भावनाको दृढ़ कैसे किया जा सकता है। आजका मानव यदि शक्तिके इस अमित कोषको पाकर गर्वोन्मत्त हो गया, तब तो विज्ञानकी यह अद्वितीय खोज मानव-जातिके लिए वरदान न होकर घोर अभिशाप ही साबित होगी।

अनेक देशोंमें परमाणु-शक्तिका इस्तेमाल राजनीतिक सत्ताको दृढ़ बनानेके निमित्त अभीसे किया जा रहा है—यह शुभ लक्षण नहीं है।

अतः वैज्ञानिक ही नहीं प्रत्युत सभी नागरिकोंका यह परम कर्तव्य हो जाता है कि वे प्राणपणसे इस बातका प्रयत्न करें कि परमाणु-शक्तिका उपयोग केवल मानव-कल्याणके निमित्त ही किया जाय।

यह पुस्तक यदि इस उद्देश्यकी पूर्तिमें सहायक बन सकी तो लेखक अपने परिश्रमको सार्थक समझेगा। परमाणु-शक्तिके रहस्योद्घाटनकी पूर्व-भूमिका क्या थी, पदार्थजगत्के गठन-विघटनकी पहेलियाँ कैसे सुलझायी गयीं, परमाणुके निर्माणके लिए किन-किन साधनोंकी आवश्यकता होती है, क्या हिरोशिमावाले बमसे अधिक शक्तिशाली परमाणुबम तैयार किये जा सकते हैं, तथा परमाणु-शक्तिके रचनात्मक उपयोगकी सम्भावनाएँ क्या हैं—इन सभी प्रश्नोंका समाधान आप इस पुस्तकमें पायेंगे। अतः विज्ञान-के विद्यार्थियोंके लिए भी यह पुस्तक उपयोगी साबित होगी, ऐसा लेखक-का विश्वास है।

परिशिष्टमें टेक्निकल शब्दोंकी संक्षिप्त व्याख्या भी दी गयी है ताकि जनसाधारणके लिए पुस्तक अधिक बोधगम्य बन सके।

धर्मसमाज कालेज,
अलीगढ़ — **भगवतीप्रसाद श्रीवास्तव**
२०-१-४८

द्वितीय संस्करण

निवेदन

परमाणु-विज्ञान सरीखे जटिल विषयपर लिखी गयी इस पुस्तकके प्रथम संस्करणको पाठकोंने विशेष चावसे अपनाया है, यह निस्सन्देह हिन्दी-संसारकी विज्ञानके प्रति बढ़ती हुई अभिरुचिका परिचायक है।

इस पुस्तकके प्रथम संस्करणके प्रकाशित होनेके बाद पिछले १० वर्षोंमें परमाणु-विज्ञानने प्रगतिकी एक लम्बी मंजिल तय की है। अतः द्वितीय संस्करणके लिए इस पुस्तकमें प्रचुरमात्रामें संशोधन करना अनिवार्य-रूपसे आवश्यक हो गया। वास्तवमें इस पुस्तकके अन्तिम दो अध्याय तो आद्योपान्त पुनः लिखे गये हैं तथा 'हाइड्रोजनबम' और 'परमाणु अस्त्रोंके विनाशकारी प्रभाव'पर दो अध्याय अलगसे जोड़े गये हैं।

सभी प्रगतिशील देशोंमें परमाणु-शक्तिके क्षेत्रमें एक बड़े पैमानेपर शोध तथा अनुसन्धान-कार्य किये जा रहे हैं। अतः इस विषयपर लिखी गयी किसी भी पुस्तकको सर्वांगपूर्ण बना सकना अवश्य एक दुस्तर कार्य है। फिर भी यथासम्भव प्रयत्न किया गया है कि परमाणु-विज्ञानके आज-तकके सभी अनुसन्धानफल तथा उपलब्धियोंका समावेश इस संस्करणमें हो सके।

पुस्तकको अधिक उपादेय तथा रोचक बनानेके उद्देश्यसे इस संस्करणमें चित्रोंकी संख्या भी बढ़ा दी गयी है।

धर्मसमाज कालेज,
अलीगढ़
फरवरी, १९५९

भगवतीप्रसाद श्रीवास्तव

विषय-सूची

१

शक्तिकी खोजमें

शक्तिके प्रति मनुष्य आदिकालसे ही विशेष रूपसे आकृष्ट रहा है। उस सुदूर अतीतके प्रागैतिहासिक युगमें मानव नामके प्राणीने अन्य जीवोंकी तुलनामें अपनेको निरा असहाय पाया। प्रकृतिने उसे ऐसे साधन नहीं प्रदान किये थे जिनकी सहायतासे वह शत्रुओंसे अपनी रक्षा कर पाता। अवश्य उसके पास सोचनेकी शक्ति मौजूद थी, जो अन्य जीवोंमें नगण्य-सी थी; अतः अपनी रक्षाके लिए उसने अपने मस्तिष्ककी शक्तिका उपयोग किया। परिस्थितियोंने उसे बरबस आविष्कारक बनाया। धीरे-धीरे उसने प्रकृतिके रहस्योंका उद्‌घाटन किया और फिर उसने प्रकृतिकी शक्तियोंको अपने वशमें किया। आजकी भौतिक सभ्यताके विकासके पीछे मनुष्यके प्रकृतिपर विजय प्राप्त करनेकी एक लम्बी कहानी निहित है।

सभ्यताकी प्रथम ज्योति दजलाफरातकी घाटी, मिस्र तथा भारतके सिन्धु नदकी घाटीमें जगी थी। इन्हीं तीन स्थानोंको आधुनिक ज्ञान-विज्ञानका हम मूल स्रोत मान सकते हैं। प्रकृतिके रहस्योद्‌घाटनकी प्रवृत्ति मिस्र तथा दजलाफरातकी घाटियोंमें अधिक स्पष्ट रही। भारतमें भौतिक जगत्‌के प्रति उपेक्षाकी भावना दार्शनिकोंमें बलवती हो गयी थी, और उनका लक्ष्य भौतिकतासे मुक्त हो मोक्ष प्राप्त करना बन गया। अतः लोककी अपेक्षा परलोककी चिन्ता उन्हें अधिक रही। फिर भी ज्ञानकी कुछ धाराएँ आगे बढ़ती ही गयीं। इन धाराओंमें ज्योतिष और चिकित्सा ऐसी

धाराएँ थीं जिनकी प्रयत्न करनेपर भी उपेक्षा नहीं की जा सकती थी। फलतः औषधि विज्ञानने भारतमें समयके विचारसे अत्यन्त सुन्दर विकास पाया और उसीका सहायक रसायन विज्ञान भी एक परिमित सीमातक आगे बढ़नेमें समर्थ हुआ।

मानव-समाजका विकास और उसकी विचार-धाराएँ, उसकी भौगोलिक स्थिति और उसके बाह्य वातावरणद्वारा सदासे प्रभावित होती रही हैं। मनुष्य जीवनभर इसी बाह्य वातावरणके विरुद्ध संघर्ष करके अपना अस्तित्व कायम रखनेका प्रयत्न करता रहता है, और इस तरह अपनी जातिको एक पीढ़ी भविष्यमें आगे बढ़ाता है। पाश्चात्य देशोंकी अपेक्षा भारतमें जीवनकी सुविधाएँ अधिक सुगमतापूर्वक प्राप्त हो सकती थीं, इसीलिए हमारे देशमें जो ज्ञान वास्तवमें अत्यन्त महत्त्वपूर्ण था उसे ही प्राप्त करने तथा उससे लाभ उठानेकी चेष्टा की गयी। उस कालके भारतीय तथा अन्य देशोंके उपलब्ध साहित्यको देखनेसे ज्ञात होता है उसमें कल्पना-का बाहुल्य है। अतः स्थूल प्रत्यक्ष ज्ञानके आधारपर भौतिक जगत्‌की विवेचना करके उसकी रूपरेखा निर्धारित की गयी थी। यूनानके दार्शनिकोंने कुल चार मूल पदार्थोंसे सम्पूर्ण सृष्टिके निर्माणकी कल्पना की। हमारे ऋषि मुनियोंने भी 'छिति जल पावक गगन समीरा' के विभिन्न संयोग-वियोगमें जगत्‌के गठन-विगठनकी जटिल पहेलीको सुलझती हुई समझा। इस कल्पनाके भीतर उन्हें कोई तार्किक दुर्बलता अनुभव न हुई। फलस्वरूप नवीन अनुभवोंके लिए अनुसन्धानकी प्रवृत्ति भी न हुई। तथ्य और सिद्धान्तके बीच कार्य्य-कारण जैसे नियम भी इसीलिए स्थापित न हो पाये।

इस प्रकारकी दशा प्रत्येक जातिके जीवनमें आती है। समय-समयपर जातिके अन्तर-बहिर बन्धन टूटते हैं, वह रूढ़ियोंका संस्कार करके जीवनके—ज्ञानविज्ञानके—विभिन्न क्षेत्रोंमें आगे

बढ़ जाती है। ऐसे अवसर विशेषतया उस समय आते हैं जब या तो जातीय जीवन एक लम्बे कालतक अवरुद्ध रहनेके कारण स्वयं फूट पड़ता है जैसा कि भारतमें भगवान बुद्धके आविर्भावमें हुआ, अथवा जब एक अन्य बलिष्ट जीवित जाति उसके जीवन नीतिको चुनौती देकर संघर्ष उत्पन्न करती है, जैसा कि इस देशमें अंग्रेजोंके प्रभुत्व स्थापनसे हुआ। इन दोनों ऐतिहासिक घटनाओं-के बीच लगभग पूरी दो सहस्राब्दियोंका अन्तर है। बुद्धने जातीय जीवनमें जो गति उत्पन्न की थी उसका वेग लगभग एक हजार वर्षतक कायम रहा, इसके पश्चात् वह मन्द पड़ गयी। मुसलमान बाहरके देशसे आये अवश्य, किन्तु अपने साथ वे ज्ञान-विज्ञानकी ऐसी शक्ति नहीं ले आये जो इस देशके निवासियोंको चमत्कृत कर देती। इस बीचके कालमें काव्य और स्थापत्यके अतिरिक्त अन्य क्षेत्रोंमें भारत विशेष प्रगति न दिखा सका। भारतीयोंने विदेश यात्राका निषेध करके अन्य बलिष्ट जातियोंके सम्पर्ककी सम्भावनाको और भी कम कर लिया था। इसीलिए यदि भारतीय अनेक विज्ञानोंके प्रारम्भकर्ता होकर भी उन्हें और अधिक उन्नत न कर सके तो इसमें आश्चर्यकी गुंजायश नहीं। पश्चिमके जिन देशोंमें ज्ञान-विज्ञानकी विशेष उन्नति हुई उन्हें राजनीतिक तथा सांस्कृतिक संघर्षसे कभी एक शताब्दीके लिए भी अवकाश नहीं मिल सका था। जीवनकी समस्याएँ उनके लिए अत्यन्त तीव्र थीं और इनके फलस्वरूप वे प्रत्येक ज्ञानका उपयोग अपनी जीवन समस्याओंके हल करनेके निमित्त करना चाहते थे, अतः उपयोगके लिए ज्ञान प्राप्त करनेकी प्रवृत्ति उनके अन्दर जाग उठी।

प्रकृतिपर विजय प्राप्त करनेकी वास्तविक धुन पाश्चात्य देशोंमें काम करती रही। इस सिलसिलेमें सर्वप्रथम वायुकी शक्तिको तत्कालीन वैज्ञानिकोंने बाँधा और उसके जोरसे अपनी किश्तियाँ और जहाज पानीपर चलाये तथा हवा-चक्कीको भी घुमाया।

झरनेके जलकी शक्तिका भी उपयोग चक्कीको घुमानेके लिए किया गया। बादमें भापकी शक्ति तथा विद्युत्-शक्तिपर नियन्त्रण प्राप्त करनेमें मनुष्य सफल हुआ।

शक्ति हासिल करनेके प्रयत्नमें वैज्ञानिकोंने धरतीके अन्दर निहित शक्तिके भण्डारके बारेमें भी छानबीन की। वैज्ञानिकने सोचा कि धरतीकी उष्णतासे हम शक्ति प्राप्त कर सकते हैं। पृथ्वीके गर्भमें ताप पर्य्याप्त मात्रामें पाया जाता है। प्रति छः सौ फीटकी गहराईपर जानेपर पृथ्वीका तापक्रम एक डिग्री सेन्टीग्रेड बढ़ जाता है। अतः काफी गहराईपर जानेपर वहाँ पृथ्वीकी गर्मीसे ही पानीको हम भापमें परिणत करके उसके जोरसे वाष्प-इञ्जिनका परिचालन कर सकते हैं। किन्तु इस तरहकी योजना अभीतक कार्य्यरूपमें परिणत नहीं की जा सकी है, क्योंकि इसके रास्तेमें अनेक व्यावहारिक अड़चनें हैं जिन्हें दूर करना सम्भव नहीं दीखता।

शक्तिके पुजारी मानवने अपनी आँखें सूर्य्यपर भी लगायीं क्योंकि वह जानता है कि हमारी पृथ्वीके लिए सूर्य्य ही शक्तिका आदि-पिता है। धरतीके गर्भमें पड़े पत्थरके कोयलेमें सूर्य्यसे ही शक्ति आयी है, पौदों और प्राणियोंको भी सूर्य्यकी शक्तिसे ही जीवन मिलता है। अतः सूर्य्यकी शक्तिको काबूमें लानेकी योजनाएँ भी वैज्ञानिकोंने बनायी हैं। यत्र-तत्र इनयोजनाओंको कार्यरूपमें परिणत भी किया गया है। उदाहरणके लिए मिस्रके उष्ण प्रदेशमें प्रोफेसर सी० वी० ब्वाएजने १३००० वर्ग-फीट क्षेत्रकी सूर्य्यराशियोंको अवतल दर्पणों द्वारा ब्वायलरपर केन्द्रित करके उसमेंसे भाप उत्पन्न की जो वाष्प इञ्जिनको परिचालित करती थी। सूर्य्य रश्मियोंकी शक्तिका उपयोग नित्यके व्यवहारमें इसलिए नहीं आ सका है कि सूर्य्यकी शक्तिपर नियंत्रण हासिल करनेके निमित्त विशालकाय यंत्रोंका निर्माण करना

पड़ेगा जिसमें प्रारम्भिक खर्च बहुत अधिक बैठेगा। फिर केवल दिनके समय ही इस ढंगके यंत्रका उपयोग किया जा सकता है।

किन्तु वैज्ञानिक अपरिमित शक्तिकी तलाशमें है। और उसने अपने इस प्रयत्नमें काफी हद तक सफलता भी हासिल कर ली है। उसने परमाणु शक्तिके रहस्यका पता लगा लिया है। ६ अगस्त १९४५ विज्ञानके इतिहासमें सदैवके लिए चिरस्मरणीय रहेगा। क्योंकि इसी दिन परमाणु बमके रूपमें भौतिक विज्ञानने संसारको शक्तिका एक नवीन स्रोत प्रदान किया। परमाणु बमके आविष्कारके साथ हमारी सभ्यता शक्तिके एक नवीन युगमें प्रवेश कर रही है। वाष्प युग तथा विद्युत् युगने हमारे सामाजिक जीवनमें उतने क्रान्तिकारी परिवर्त्तन नहीं किये जितने परमाणुओंमें निहित शक्ति द्वारा होने जा रहे हैं। शक्तिके इस नवीन युगको "परमाणुयुग" का नाम देना अनुपयुक्त न होगा।

परमाणुमें निहित शक्तिका अनुमान लगाना साधारण व्यक्तिके लिए कल्पनासे परेकी बात है। क्योंकि आध सेर यूरेनियमके भीतरसे विस्फोटनके फलस्वरूप जो शक्ति मुक्त होती है वह ढाई लाख मन कोयलेकी शक्तिके बराबर होती है! शक्तिका यह अमित स्रोत निश्चय ही हमारे जीवनके प्रत्येक क्षेत्रमें—उद्योग-व्यवसाय, यातायात, घरेलू जीवनमें, सर्वत्र एक प्रकारकी क्रान्तिका समावेश करेगा। निश्चय ही यह नवीन युग आजके युगसे उतना ही भिन्न होगा जितना वर्त्तमान युग प्रागैतिहासिक कालकी मिस्र सभ्यतासे भिन्न है। सम्भव है कि इस परमाणुयुगमें कुछ ही वर्ष उपरान्त हर सप्ताह आपको मोटरके इंजनमें पेट्रोल डालनेका झंझट न करना पड़े, आप अपनी मोटरके परमाणु इंजिनके भीतर ईंधनके लिये किसी विशेष पदार्थकी थोड़ी मात्रा एक बार डाल लेंगे, फिर कई बरसतक उसीकी शक्तिसे इधर-उधर मोटर दौड़ाते फिरेंगे।

कुछ वैज्ञानिकोंका खयाल है कि शीघ्र ही परमाणुशक्तिसे परिचालित वायुयान प्रति घण्टे १००० मीलकी गतिसे आकाशमें दौड़ लगानेमें समर्थ होंगे। और इस बातकी भी आशा है कि निकट भविष्यमें चन्द्रमातक जानेके लिए परमाणुशक्ति द्वारा परिचालित राकेट विमान भी तैय्यार हो जायँगे।

परमाणु बमसे विस्फोटनके रूपमें शक्ति हासिल होती है, जब कि परमाणुशक्तिको रचनात्मक कार्य्योंमें लगा सकनेके लिए यह आवश्यक है कि परमाणुशक्तिपर पूर्ण नियन्त्रण प्राप्त किया जा सके। यदि यूरैनियमके परमाणु अथवा अन्य वजनी तत्वोंके परमाणुओंके विखण्डनसे प्राप्त विद्युत्‌कणों तथा अदृश्य रश्मियों-को वशमें करके हम शक्ति हासिल कर सकें तब निस्सन्देह प्रत्येक फैक्टरीके इंजन रूममें परमाणु-भंजन यन्त्र फिट करके फैक्टरीकी मशीनोंके लिए चालक शक्ति हम प्राप्त कर सकेंगे। यह भी सम्भव है कि घरोंके अन्दर छोटे-मोटे कामोंके लिए इसी ढंगके परमाणु-यन्त्रोंका इस्तेमाल कुछ समय उपरान्त होने लगे। ऐसी दशामें नगरके लिए केन्द्रीय पावर हाउसकी आवश्यकता न होगी और न पावर हाउससे घरतक तार लगानेकी ही जरूरत होगी।

ऋतुओंको अनुकूल बनानेके निमित्त भी परमाणुशक्तिका उपयोग करना कुछ कठिन न होगा। गत द्वितीय महायुद्धमें यूरोपके ठण्डे प्रान्तोंमें एयरोड्रोमपर छाये हुए कुहरेको हटानेके लिए मैदानके चारों ओर पेट्रोलके स्टोव जलाये गये थे, फलस्वरूप उनकी गर्मीसे कुहरा शीघ्र ही छँट गया था और युद्ध-क्षेत्रसे लौटनेवाले वायुयान निरापद एयरोड्रोममें उतर सके थे। अवश्य ही इस योजनामें काफी रकम खर्च होती है। किन्तु परमाणु-शक्ति द्वारा इस ढंगकी योजनाएँ सुगमतापूर्वक कार्य्यान्वित की जा सकेंगी। ठण्डे प्रान्तोंमें भविष्यके एयरोड्रोमके मैदानके नीचे

लोहेकी नलिकाएँ बिछी होंगी जिनमें परमाणुशक्तिकी गर्मीसे उत्पन्न की गयी पानीकी भाप निरन्तर प्रवाहित होती रहेगी। इससे न तो मैदानके ऊपर कुहरा बनने पायेगा और न जमीनपर वर्फ ही जमने पायेगी। इंजनरूममें ब्वायलरके लिए यूरैनियमके परमाणुओंसे गर्मी हासिल की जायगी।

फिर पर्वत-श्रेणीके एक भागको परमाणुबम द्वारा उड़ाकर मानसून हवाओंको हिमालयकी दूसरी ओर पहुँचाया जा सकता है। अथवा परमाणुशक्तिकी सहायतासे सहाराकी मरुभूमिमें सिंचाईके निमित्त एक लम्बी चौड़ी झीलका निर्माण किया जा सकता है और इस प्रकार रेगिस्तानको हरीभरी भूमिमें परिवर्तित किया जा सकता है। राकेट परमाणुबमको ऊर्ध्वाकाशमें विस्फोट कराकर बादलोंके आवरणको हटाया जा सकता है। परमाणु युगमें ध्रुवप्रान्तोंमें भी खेती करना असम्भव न होगा।

अभीतक वैज्ञानिक केवल यूरैनियम तथा प्लूटोनियमके परमाणुओंमें निहित शक्तिको मुक्त करनेका भेद मालूम कर पाया है। किन्तु ये दोनों ही धातुएँ अलभ्य तथा बेहद महँगी हैं। परमाणुशक्तिको एक बड़े पैमानेपर काममें ले आना तभी सम्भव हो सकेगा जब वैज्ञानिक अन्य तत्त्वोंके परमाणुओंसे भी शक्ति विमुक्त करनेकी तरकीब ईजाद कर लेगा। सबसे हलके तत्त्व हाइड्रोजनके परमाणुओंके संश्लेषणसे भी शक्ति उत्पादनका रहस्य वैज्ञानिकने मालूम कर लिया है। किन्तु रचनात्मक उपयोगके लिए इस संश्लेषण क्रियापर पूर्ण नियन्त्रण अभीतक वह हासिल नहीं कर सका है। अनुमान किया जाता है कि कमसे कम १० वर्ष इस लक्ष्यको प्राप्त करनेमें लगेंगे।

एक साधारण नगरिकके मनमें परमाणुबमकी अपरिमित शक्तिके बारेमें कुतूहल उठना स्वाभाविक ही है। किन्तु परमाणु-

शक्तिपर नियंत्रण हासिल करनेके पीछे पदार्थ-विज्ञानकी प्रगतिकी एक लम्बी कहानी निहित है। पदार्थकी असलियतका पता लगानेके प्रयत्नमें विज्ञानने एक लम्बी मंजिल तय की है। परमाणुशक्तिपर मानवने विजय हासिल करनेमें कैसे सफलता प्राप्त की इसका आभास आपको अगले परिच्छेदोंमें मिलेगा।

२

पदार्थ जगत्—अणु-परमाणुओंका संसार

प्राचीनकालसे ही दार्शनिक तथा विचारक पदार्थकी असलियतका रहस्योद्घाटन करनेके निमित्त प्रयत्नशील रहे हैं। स्वयं हमारे ही देशमें कणाद ऋषिने कल्पना की थी कि पदार्थ नन्हें-नन्हें कणोंसे मिलकर बना है। ईसासे लगभग ४०० वर्ष पूर्व यूनानके सुप्रसिद्ध दार्शनिक डिमाक्रिटसने भी निरे अनुमानके सहारे विद्वत मण्डलीके सामने यह तथ्य रखा था कि पदार्थ वास्तवमें नन्हें कणोंसे मिलकर बना है, जिन्हें विभाजित नहीं किया जा सकता। इसके पूर्व यूनानी विद्वानोंका मत था कि पदार्थ कणोंसे मिलकर नहीं बना है, बल्कि इसके गुण "जेली" की भाँति हैं। इस मतके अनुसार हम किसी पदार्थके टुकड़े यदि करना चाहें तो उसे निरन्तर विभाजित करते जा सकते हैं—उसके अवयवोंके आकरकी कोई सीमा नियत नहीं है, अवश्य ऐसा करनेके लिए हमारे पास बारीकसे बारीक औजार होने चाहिये।

पदार्थकी बनावटके बारेमें डिमाक्रिटसके नवीन सिद्धान्तको सभी विद्वानोंने स्वीकार नहीं किया। डिमाक्रिटसने पदार्थके निर्माणके बारेमें अवयवों-परमाणुओंकी कल्पना निरे अनुमानके आधारपर की थी। अतः यदि वह चाहता तो भी प्रयोगों द्वारा अपने सिद्धान्तकी सत्यता प्रमाणित न कर पाता। उन दिनों दार्शनिक तथा वैज्ञानिक सिद्धान्तोंकी सत्यता प्रथम तो साधना-भावसे जाँची ही नहीं जा सकती थी, दूसरे सम्प्रदायोंका युग होनेके कारण उस जाँचकी ओर जनरुचिकी प्रवृत्ति भी न थी।

फलस्वरूप यद्यपि डिमाक्रिटसने परमाणुवादकी कल्पना उस सुदूर अतीतमें ही की थी किन्तु उसके पश्चात् लगभग २००० वर्षतक यह महान तथ्य कल्पनाकी दुनियामें ही पड़ा रहा।

दुर्भाग्यवश यूनानके सबसे बड़े दार्शनिक अरस्तू (ईसासे ३८४-३२२ वर्ष पूर्व) ने भी डिमाक्रिटसके परमाणुवादका विरोध किया। यूरोपके मध्यकालीन युगके विज्ञान-जगतपर अरस्तूके विचारोंकी एक गहरी छाप पड़ी थी, अतः डिमाक्रिटसके परमाणुवादको मध्यकालीन युगमें पनपनेका अवसर न मिल सका। अरस्तू का कहना था कि सभी पदार्थोंका निर्माण एक ही मूल पदार्थसे हुआ है जिसके साथ मिट्टी, जल, अग्नि तथा वायुकी विभिन्न मात्राओंके संयोगसे विभिन्न पदार्थ हमें लभ्य होते हैं। हमारे देशमें भी 'छिति जल पावक गगन समीरा' ये पाँच मूल पदार्थ सृष्टिके आधारभूत माने गये थे। इसी भ्रान्तिमूलक धारणाके आधारपर मध्यकालीन युगकी कीमियागरीका जन्म हुआ, कि मिट्टी, जल, अग्नि तथा वायुकी मात्राओंको घटा-बढ़ाकर एक पदार्थको दूसरे पदार्थमें परिणत किया जा सकता है। सीसे आदि निम्न कोटिकी धातुओंको स्वर्णमें परिवर्तित करनेका स्वप्न ये कीमियागर सदियोंतक देखते रहे, किन्तु उन्हें पारस पत्थर लभ्य न हो सका। इनमेंसे अनेक कीमियागर वास्तवमें योग्य व्यक्ति थे जिन्होंने रसायन-विज्ञानके विकासमें महत्त्वपूर्ण योग दिया। किन्तु अन्य बहुतसे कीमियागर धोखेकी टट्टीकी आड़में मूर्ख जनताको केवल ठगभर रहे थे। उच्चकोटिके वैज्ञानिक भी कभी-कभी किमियागरीका उपयोग अपनी स्वार्थ-सिद्धिके लिए करनेमें संकोच नहीं करते थे। १७८२ में लन्दनके रायल सोसायटीके सदस्य जेम्स प्राइसने विज्ञप्ति निकाली कि उसने प्रयोगों द्वारा निम्न धातुओंसे स्वर्ण और चाँदीके नमूने तैयार किये हैं। तत्कालीन अंग्रेज बादशाह जेम्स तृतीयने उसके इस

आविष्कारसे प्रभावित होकर आक्सफोर्ड युनिवर्सिटीसे उसे डाक्टरकी डिग्री दिलवायी। किन्तु वैज्ञानिकोंने जेम्स प्राइसकी इस प्रवञ्चनाके विरोधमें अपनी आवाज ऊँची की और अन्तमें रायल सोसायटीके अध्यक्षने जेम्स प्राइसको आदेश दिया कि वह सोसायटीके सदस्योंकी उपस्थितिमें निम्न श्रेणीकी धातुओंसे स्वर्ण तैय्यार करनेके प्रयोगको दुहराये। नियत दिनपर सोसायटीके सदस्य उसके प्रयोगको देखनेके लिए एकत्र हुए। जेम्स प्राइसने प्रयोग आरम्भ करनेके बहाने मेजपरसे एक शीशी उठायी और उसके अन्दर रखे हुए द्रव पदार्थको वह पी गया। कुछ ही मिनटों बाद उसके प्राण पखेरू उड़ गये—शीशीमें तीव्र विष रखा हुआ था।

किन्तु कीमियागरीके उस धोखाधड़ीके अन्दरसे ही आधुनिक रसायन विज्ञानका प्रादुर्भाव हुआ। १८ वीं शताब्दीमें इङ्गलैण्डके स्कूलके एक साधारणसे अध्यापक जान डैल्टनने डिमाक्रिटसके परमाणुवादको पुनः जीवित किया और उसे प्रयोगकी ठोस भूमिका आधार प्रदान किया। डैल्टनके जमाने में कुल २३ मूल तत्त्वोंका पता वैज्ञानिकोंको था—मूलतत्त्वका नाम उन पदार्थोंको दिया गया है जिन्हें किसी भी तरीकेपर तोड़नेसे हमें अन्य भिन्न पदार्थ नहीं मिलते, जैसे ताँबा, सोना, चाँदी, आक्सीजन आदि। डैल्टनने बताया कि प्रत्येक मूल तत्त्व नन्हें-नन्हें कणोंसे बना हुआ है जो स्वयं अविभाज्य तथा अविनाशी हैं। अर्थात् किसी भी तत्त्वको हम निरन्तर अबाधरूपसे विभाजित नहीं कर सकते—एक नियत आकारके अवयवतक पहुँचनेके बाद हम उससे आगे नहीं बढ़ सकते। इन्हीं अवयवोंको परमाणुका नाम दिया गया है। आधुनिक समयमें कुल ९२ मूल तत्त्वोंका पता हमें चला है। अतः डैल्टनके परमाणुवादके अनुसार हम कह सकते हैं कि प्रकृतिने मानो अपनी प्रयोगशालामें कुल ९२ किस्म

के परमाणुओंकी सहायतासे सृष्टि-निर्माणका आरम्भ किया है। क्योंकि डैल्टनने इस बातकी भी कल्पना की थी कि एक तत्त्वके सभी परमाणु हर मानेमें एक-से होते हैं किन्तु अन्य तत्त्वके परमाणुसे वे भिन्न होते हैं। डैल्टनके मतानुसार प्रकृतिकी सभी क्रियाओंमें परमाणु अपना अस्तित्व अक्षुण्ण बनाये रखते हैं—पदार्थकी ये रूढ़ि इकाई हैं।

परमाणुवादसे डैल्टनने निष्कर्ष निकाला कि दो या दोसे अधिक मूल तत्त्व जब रासायनिक संयोग करके यौगिक बनाते हैं तो निश्चय ही उनके परमाणु पूर्ण अंकोंके अनुपातमें मिलते होंगे क्योंकि परमाणु स्वयं अविभाज्य हैं। मूल तत्त्वोंके परमाणु संयोग करके यौगिकके सबसे छोटे अवयवका निर्माण करते हैं—जिन्हें अणुका नाम दिया गया है। डैल्टनके समयतक रसायन विज्ञानने काफी उन्नति कर ली थी और तात्कालिक प्रयोगोंकी कसौटीपर जब डैल्टनकी यह धारणा कसी गयी तो यह पूर्णतया खरी उतरी। चूँकि परमाणुको डैल्टनने अविनाशी माना था अतः यह भी मानना जरूरी हो गया कि किसी भी क्रियामें पदार्थका वजन जैसेका तैसा रहना चाहिये। प्रयोगोंने इस निष्कर्षका भी समर्थन किया। डैल्टनके परमाणुवादकी अग्नि-परीक्षा अभी बाकी थी। कई ऐसे उदाहरण मिले जिसमें दो मूल पदार्थ मिलकर एक नहीं, वरन् कई यौगिक बनाते थे। डैल्टनने अपने परमाणुवादकी सहायतासे इस शंकाका भी समाधान किया। उसने बतलाया कि ऐसी दशामें एक यौगिकमें यदि प्रथम तत्त्वके एक परमाणुका संयोग द्वितीय तत्त्वके एक परमाणुसे होता है तो दूसरे यौगिकमें प्रथमके एक परमाणुसे द्वितीय तत्त्वके दो या तीन परमाणु संयोग करेंगे डेढ़ या ढाई नहीं। अतः इन दो यौगिकोंमें प्रथम तत्त्वके एक निश्चित मात्रासे द्वितीय तत्त्वकी दो विभिन्न मात्राएँ जो संयोग करेंगी उनके बीच पूर्ण

अंकोंका अनुपात होना चाहिये। आक्सीजन और नाइट्रोजनके विभिन्न यौगिकोंका विश्लेषण करनेपर डैल्टनका निष्कर्ष सही पाया गया। अतः इस अग्नि-परीक्षामें परमाणुवाद खरा उतरा।

डैल्टनके परमाणुवादने जिन परमाणुओंकी कल्पना की है उनके अस्तित्वको आधुनिक विज्ञान स्वीकार करता है। ये परमाणु अत्यन्त ही सूक्ष्म होते हैं। बढ़ियासे बढ़िया सूक्ष्मदर्शी यंत्रसे भी इन्हें देख सकना सम्भव नहीं। एक फ्रेञ्च वैज्ञानिकने पानीके ऊपर तेलकी एक अत्यन्त ही पतली परत (फिल्म) तैय्यार की। इस परतकी मोटाई एक इंचके ५ करोड़वें भागसे कम थी। अतः परमाणुका आकार तो इससे भी छोटा होगा। पानी एक यौगिक पदार्थ है—इसके प्रत्येक अणुमें दो परमाणु हाइड्रोजनके और एक परमाणु आक्सीजनके मिले हुए हैं। यदि कल्पना करें कि पानीकी बूँदको बढ़ाकर पृथ्वीके आकारके बराबर पहुँचा दिया जाय, तब पानीके अणुका आकार टेनिसकी गेंदके बराबर होगा। फिर अणुको यदि पृथ्वीके आकारका बनाया जाय तो उस दशामें उसके अन्दरके परमाणुओंका आकार गेंदके बरावर होगा। स्मरण रहे कि पृथ्वीका व्यास ८००० मील है!

स्वभावतः प्रश्न उठता है कि यदि अणु परमाणु इतने सूक्ष्म आकारके हैं तो फिर वैज्ञानिक इनके अस्तित्वको किन प्रमाणोंके आधारपर स्वीकार करता है? वास्तवमें अणु परमाणुके अस्तित्वके समर्थनमें तीन विभिन्न दिशाओंसे हमें प्रमाण मिलते हैं। सर्वप्रथम यह कि परमाणुवादके सिद्धान्तको सही माननेपर इसके आधारपर सभी रासायनिक तथा भौतिक क्रियाओंकी ग्रन्थियोंको सुलझाया जा सकता है। द्वितीय यह कि अभीतक कोई भी प्रयोग अथवा तथ्य ऐसा नहीं मिला जो परमाणुओंके अस्तित्वकी धारणाके खिलाफ जाता हो। और तृतीय दलील यह है कि कुछ प्रयोग ऐसे किये गये हैं जिनमें स्वयं अणु परमाणु तो नहीं देखे

जा सके किन्तु परोक्ष रूपसे उनके प्रभावको देखा जा सका है।

डैल्टनके परमाणुवादकी दो मूल मान्यताएँ ये थीं, कि एक तत्त्वके परमाणु अन्य तत्त्वोंके परमाणुसे पूर्णतया भिन्न होते हैं तथा वे अविभाज्य और अविनाशी हैं। स्पष्ट है कि इन मान्यताओंने कीमियागरीको सदाके लिए दफना दिया। परमाणुवादके अनुसार एक तत्त्वको दूसरे तत्त्वमें परिवर्त्तित करना सर्वथा असम्भव है—अतः लोहा सदैव लोहा ही रहेगा। यह सोना कभी नहीं बन सकता।

किन्तु इस पुस्तकमें आगे चलकर आप देखेंगे कि तत्त्वोंके परमाणु सरल रूढ़ि पदार्थ नहीं हैं जैसी कि डैल्टनने कल्पना की थी—वास्तवमें इन्हें भी विभाजित किया जा सकता है, अतः एक मूल तत्त्वके परमाणुओंको दूसरे मूल तत्त्वके परमाणुओंमें परिवर्त्तित किया जा सकता है। फिर आप देखेंगे कि एक ही तत्त्वके सभी परमाणु अनिवार्य रूपसे एकसे ही हों, यह भी बात कोई जरूरी नहीं है। जैसे सबसे हल्के तत्त्व हाइड्रोजनके ही परमाणु तीन किस्मके होते हैं, इनमें भारी परमाणुओंका वजन क्रमशः हल्के परमाणुओंके वजन का दो गुना तथा तीन गुना होता है। अन्तमें डैल्टनके परमाणु अविनाशी भी न रह सके। क्योंकि आधुनिक विज्ञानने पदार्थको शक्तिमें परिणत कर दिया है—हिरोशमाका परमाणु-बम जिसने जापानको घुटने टेक देनेपर मजबूर किया, इसी सिद्धान्तपर निर्मित किया गया था।

३

परमाणुओंके भीतर क्या है ?

१९ वीं शताब्दीके अन्तिम दशकतक वैज्ञानिक पदार्थकी असलियतके बारेमें एक तरहसे आश्वस्त हो चुके थे कि वे पदार्थके अन्तिम रहस्यतक पहुँच गये हैं कि पदार्थ नन्हें लघुतम कण, परमाणुओंसे बना है जो अविभाज्य तथा अविनाशी हैं। मानो प्रकृतिने ९२ किस्मके परमाणु—ईंटें तैयार करके उन्हींसे मूल तत्त्वोंका निर्माण किया जिनके हेरफेरसे संसारके अन्य पदार्थ बने। इन अविभाज्य परमाणुओंके जब टुकड़े हो ही नहीं सकते तो अब इनके बारेमें और जानना शेष ही क्या रहा ? क्लार्क मैक्सवेल (१८३१-७९) सरीखे चोटीके वैज्ञानिकोंका कहना था "ये (परमाणु) कण सृष्टिके निर्माणकी आधार-शिलाएँ हैं जो सृष्टिके आदिसे अक्षुण्ण चली आ रही हैं, न इनमें किसी तरहका ह्रास हुआ न परिवर्तन !"

इस दर्मियान विद्युत् विज्ञानने प्रगतिकी एक लम्बी मंजिल तय कर ली थी। साधारणतः हवा या अन्य गैसोंमेंसे होकर विद्युतधाराका प्रवाह नहीं होता। वैज्ञानिक इस प्रयत्नमें लगे हुए थे कि नलीमें हवाको बन्द करके देखें कि उसके दबावको घटा-बढ़ाकर क्या विद्युत्धाराका उसमेंसे प्रवाह करा सकते हैं। १८९३ का जिक्र है, विलियम क्रुक्सने काँचकी एक लम्बी नली ली और उसके दोनों सिरोंमें तार लगाकर भीतर प्रत्येक छोरपर धातुकी एक प्लेट लगायी। काँचकी नलीमें एक सूराख था जिसका सम्बन्ध वैकुअम पम्पसे था। उसने नलीकी एक प्लेटको

ऊँचे वोल्टेजके धनात्मक सिरेसे जोड़ा और दूसरीको ऋणात्मक सिरेसे। फिर पम्प द्वारा नलीकी हवाका अधिकांश भाग बाहर निकाल लिया। उसने देखा कि नलीमें पर्य्याप्त वैकुअम हो जाने-पर विद्युत् प्रवाह हवामें होकर जारी हो जाता है। साथ ही उसने देखा कि ऋणात्मक प्लेटसे कुछ ऐसी अदृश्य किरणें निकलती हैं जो सामने नलीकी काँचकी दीवारपर पड़कर उसमें सुनहले-हरे रंगकी चमक पैदा करती हैं। इन्हें कैथोड-रश्मि नाम दिया गया क्योंकि अँग्रेजीमें ऋणात्मक प्लेटको कैथोड कहते हैं। उसने अपने अनुसन्धानमें देखा कि ये किरणें चुम्बक द्वारा अपने मार्गसे विचलित की जा सकती हैं। नलीके अन्दर यदि कोई ठोस पदार्थ इनके मार्गमें रक्खा जाय तो ये उसे गर्म कर देती हैं। सबसे अधिक दिलचस्प प्रयोग उसने यह किया कि नलीमें काँच-की दो छड़ोंको समानान्तर आड़ी लगया और उसपर एक हल्की-सी फिरकी—जिसमें हवाचक्कीकी तरह हत्थे लगे हुए थे, रख दिया। ये छड़ें कैथोड-रश्मिके मार्गके समानान्तर लगी थीं। विद्युत् प्रवाह करानेपर कैथोड-रश्मि जब फिरकीके हत्थों-पर गिरी तो फिरकी नाचकर ऋणात्मक प्लेटकी ओरसे दूसरी ओरसरकती हुई चली गयी। मानो कैथोड रश्मिमें हवाकी तरह ही धक्का देनेकी शक्ति मौजूद है।

विलियम क्रुक्सकी समझमें न आ सका कि आखिर कैथोड रश्मि है क्या चीज। ये प्रकाशकी किरणें हो नहीं सकतीं क्योंकि प्रकाश-रश्मियोंपर चुम्बकका कोई प्रभाव नहीं पड़ता और न इनमें धक्का देनेकी इतनी क्षमता ही मौजूद होती है। अतः उसने सोचा, यह पदार्थकी चौथी दशा है—ठोस द्रव और गैस, इन तीन दशाओंके अतिरिक्त उसने चौथी दशा मालूम की है, ऐसी उसकी धारणा थी।

फ्रान्सका एक वैज्ञानिक जेन पेरीन क्रुक्सके इन नवीन प्रयोगोंके

प्रति विशेष रूपसे आकृष्ट हुआ और उसने प्रयोगों द्वारा साबित किया कि कैथोड-रश्मि वास्तवमें नन्हें-नन्हें कणोंकी बौछार है जिनमें ऋणात्मक विद्यूत् मौजूद रहती है। किन्तु कैथोड-रश्मिके रहस्योद्घाटनका श्रेय वास्तवमें अंग्रेज वैज्ञानिक टामसनको प्राप्त है। उसने निर्विवाद रूपसे यह प्रमाणित कर दिखाया कि कैथोड-रश्मि पदार्थके नन्हें-नन्हें कणोंसे बनी हुई हैं। प्रत्येक कणमें ऋणात्मक विद्यत मौजूद रहती है। उसने इन ऋणविद्युत कणोंकी रफ्तार भी नापी और बतलाया कि नलीके एक सिरेसे दूसरे सिरेतक हजारों मील प्रति सेकण्डकी रफ्तारसे ये भागते हैं। उसने इस बातकी ओर भी लोगोंका ध्यान आकर्षित किया कि नलीमें चाहे जो भी गैस रक्खी जाय, हर दशामें हमें कैथोड-रश्मि ही प्राप्त होती है। उसने इन ऋण-विद्युत्-कणोंके भारको भी नापा। पदार्थके सबसे हल्के जर्रे-हाइड्रोजनके परमाणुके वजनके मुकाबलेमें ऋणविद्युत्-कण अत्यन्त ही हल्के निकले। १८४० ऋणविद्युत-कणोंका वजन हाइड्रोजनके एक परमाणुके वजनके बराबर होता है। इन्हीं विद्युत्-कणोंको एलेक्ट्रान नाम दिया गया है। यह बात १८९७ की है।

वैज्ञानिक इस नयी खोजसे बड़े हैरान हुए कि यह परमाणुओंसे भी नितान्त हल्की चीज कहाँसे आ टपकी। चूँकि नलीके अन्दर जो भी गैस भरी जाय सभीमेंसे एलेक्ट्रान ही प्राप्त होते हैं, सहज ही इस निष्कर्षपर वैज्ञानिक पहुँचे कि एलेक्ट्रान प्रत्येक तत्त्वके परमाणुमें मौजूद होते हैं। वैज्ञानिकोंने पहली बार परमाणुके अन्दरसे एलेक्ट्रान कणोंको पृथक किया—परमाणु अब रूढ़ि पिण्ड न रहे। इस नवीन खोजने डैल्टनके परमाणुवादकी धज्जियाँ उड़ा दीं। १९ वीं शताब्दीके अन्तिम दशकने डैल्टनके परमाणुवादको सदैवके लिए दफना दिया।

एलेक्ट्रानसे सम्बद्ध अनुसन्धानोंमें शिकागो युनिवर्सिटीके

प्रोफेसर मिलिकनके प्रयोग चिरस्मरणीय रहेंगे। १९०९ में आपने मौलिक ढंगपर प्रयोग करके एलेक्ट्रानके विद्युत् परिमाणको नापा। आपने यह निर्विवाद रूपसे प्रमाणित कर दिखाया कि विद्युत् भी पदार्थकी तरह कणोंसे बनी है। विद्युत्का क्षुद्रतम परिमाण एलेक्ट्रानके विद्युत्का परिमाण है। चाहे धनात्मक हो या ऋणात्मक, विद्युत्की मिकदार एलेक्ट्रान विद्युत् मात्रासे कम मिकदारमें कभी भी प्राप्त नहीं की जा सकती। यही मात्रा मानों विद्युतकी सबसे छोटी इकाई है। एलेक्ट्रान पदार्थके सबसे हल्के रुढ़ि-कण हैं। जैसा कि हमने ऊपर देखा है एलेक्ट्रानका वजन नगण्य-सा होता है—हाइड्रोजनके परमाणुके वजनका लगभग २००० वाँ हिस्सा। अतः वैज्ञानिकोंने सोचा कि परमाणुके अन्दर एलेक्ट्रानके अतिरिक्त कोई और भी पिण्ड होना चाहिये जिसका वजन इन ऋणविद्युत्-कणोंके वजनके मुकाबलेमें काफी बड़ा हो। फिर इसके अतिरिक्त सभी जानते हैं कि साधारणतः पदार्थ विद्युन्मय नहीं हुआ करता। अतः साधारण अवस्थामें पदार्थके परमाणुमें भी विद्युत्का प्रदर्शन नहीं होना चाहिये। यदि परमाणुमें ऋणविद्युत्का-एलेक्ट्रान मौजूद है तो इसके विद्युत् असरको मिटानेके लिए उसमें धनात्मक विद्युत्के कण भी मौजूद होने चाहिये। इस नवीन दृष्टिकोणने परमाणुके रहस्योद्‌घाटनके निमित्त २० वीं शताब्दीके वैज्ञानिकोंको प्रचुर प्रोत्साहन प्रदान किया।

एलेक्ट्रानकी खोजने पदार्थ-जगत्के रहस्योद्‌घाटनके निमित्त वैज्ञानिकोंके लिए नवीन मार्गका प्रदर्शन किया। फलस्वरूप शीघ्र ही पदार्थ-विज्ञानने अनेक ऐसे नवीन आविष्कार किये जिन्होंने हमारी आँखें चकाचौंधमें डाल दीं। इन अद्‌भुत आविष्कारोंकी शृंखलामें अन्तिम कड़ी परमाणुभट्टी (रीऐक्टर) की है। उदाहरणके लिए हमारे रेडियो सेटका वाल्व जिसे हम सेटका

प्राण कह सकते हैं, एलेक्ट्रानकी शक्तिसे ही रेडियो तरंगोंको ग्रहण करके उन्हें ध्वनि तरंगोंमें परिवर्तित करता है। इसी प्रकार एलेक्ट्रान-कणसे परिचालित सूक्ष्मदर्शी यन्त्र वैज्ञानिकों और डाक्टरोंको वह सूक्ष्म दृष्टि प्रदान करते हैं जिनकी सहायतासे वह सूक्ष्मसे सूक्ष्म पदार्थ-कणों या कीटाणुओंका निरीक्षण करनेमें समर्थ होता है। द्वितीय महायुद्धमें एक बड़े पैमानेपर प्रयुक्त होनेवाले यन्त्र 'रैडर' का नाम पाठकोंने सुना होगा। यह यंत्र भी एलेक्ट्रान-कणोंकी सहायतासे ही परिचालित होता है। टेलिविजनके पर्देपर भी ये ही एलेक्ट्रान-कण सैकड़ों मीलकी दूरीपर होनेवाली घटनाओंके चित्रको अंकित करते हैं। ताँबेके साधारण तारमेंसे जिस वक्त बिजली प्रवाहित होती है, वास्तवमें ये ही एलेक्ट्रान-कण तारमें एक सिरेसे दूसरे सिरेकी ओर तीव्र वेगसे भागते हैं। जिस समय हम कमरेमें स्विचकी बटन दबाते हैं तुरन्त ही बल्बके अन्दर एलेक्ट्रान उसके बारीक तारमें प्रवाहित होने लगते हैं और हमें प्रकाशकी किरणें मिलती हैं।

अगले अध्यायमें हम देख पाएँगे कि परमाणुओंके भीतर ऋणविद्युतके एलेक्ट्रान-कण तथा धन-विद्युत्वाले कण किस क्रमसे प्रकृति द्वारा बिठाये गये हैं।

४

परमाणुका स्वरूप

एलेक्ट्रानकी खोजने इस बातका तो पता अवश्य दिया कि परमाणु रूढ़ि पिण्ड नहीं है तथा परमाणुके भीतर धनात्मक विद्युतकण भी अवश्य मौजूद होने चाहिये, किन्तु परमाणुके स्वरूपका पूरा पता इससे न चल सका। उदाहरणके लिए हमें अभी इन प्रश्नोंका उत्तर ढूँढ़ना है—विभिन्न तत्त्वोंके परमाणुओंमें कितने एलेक्ट्रान अथवा कितने धन-विद्युत्कण होते हैं? ये कण परमाणुके अन्दर किस क्रमसे बिठाये गये हैं? एलेक्ट्रान-कणकाभार तो नगण्य ही होता है, तो क्या परमाणुका वजन पूर्णतया उसके अन्दरके धनविद्युत्मय कणमें ही निहित है?

ब्रिटिश वैज्ञानिक टामसनका खयाल था कि परमाणुके अन्दर एलेक्ट्रान तथा धनविद्युत्कण एक दूसरेसे मिले जुले रहते हैं जैसे मोतीचूरके लड्डूके अन्दरके दाने। किन्तु इस क्षेत्रमें किये गये नूतनतम अनुसंधानोंने टामसनकी परमाणु सम्बन्धी धारणाको गलत साबित कर दिया। आधुनिक जानकारीके अनुसार परमाणुके तमाम धनविद्युन्मय जर्रे उसके केन्द्रमें स्थित होते हैं तथा ऋणविद्युतकण (एलेक्ट्रान) इस केन्द्रके बाहर वृत्ताकार परिधि तथा दीर्घ वृत्ताकार परिधियोंमें इसी धनविद्युतमय पिण्डकी परिक्रमा लगाया करते हैं, ठीक जिस प्रकार सूर्य्यकी परिक्रमा पृथ्वी तथा अन्य ग्रह लगाते हैं। परमाणुओंके इस स्वरूपको निर्धारित करनेका श्रेय स्वर्गीय वैज्ञानिक लार्ड रदर्फर्डको प्राप्त है।

परमाणुकी वास्तविक बनावट समझनेके लिए यह आवश्यक है कि हम पिछले ६० वर्षोंके भौतिक विज्ञानकी प्रगतिपर एक

विहंगम दृष्टि डालें। तब हम देख पाएँगे कि किस प्रकार विभिन्न देशोंमें किये गये अनुसन्धानोंने एक-एक करके परमाणु सम्बन्धी गुत्थियोंको सुलझानेमें सहायता पहुँचायी है।

१८९६ में फ्रान्सके प्रसिद्ध वैज्ञानिक बेकरल धातुओंकी रासायनिक परीक्षामें संलग्न थे। इस सिलसिलेमें उन्होंने सबसे भारी तत्त्व यूरैनियम धातुके बारेमें एक अद्भुत बात देखी। पूर्णतया अँधेरे कमरेमें जहाँ प्रकाशकी एक भी किरण मौजूद न थी, अल्मारीमें फोटोप्लेट रखी हुई थी। इसी आलमारीमें युरैनियम भी रखा गया था। अब प्लेटको रासायनिक द्रवोंमें साधारण रीतिसे धोनेपर उन्होंने देखा कि प्लेटपर काले-काले निशान पड़ गये थे मानों उसपर प्रकाशकी किरणें पड़ गयी हों। अवश्य ही बेकरलने यह निष्कर्ष निकाला कि यूरैनियम धातुमेंसे किरणें विसर्जित होती हैं जिनमें फोटोग्राफीकी प्लेटको प्रभावित करनेकी क्षमता मौजूद है। विज्ञानके लिए यह एक सर्वथा नवीन तथा अद्भुत खोज थी। अतः अन्य वैज्ञानिकोंने भी उत्साहपूर्वक इस नवीन तथ्यके बारेमें जानकारी हासिल करनेके निमित्त अनुसन्धान करने शुरू किये। पियेर क्यूरी तथा मैडम क्यूरीके नाम इस सिलसिलेमें विशेष उल्लेखनीय हैं। क्यूरी दम्पत्तिने बड़े परिश्रमके उपरान्त पिच ब्लेण्डमेंसे यूरैनियम धातुके यौगिकको अलग किया। उन्होंने बताया कि इस नमूनेमेंसे रश्मियाँ जितने अधिक परिमाणमें निकलती हैं उतनी अकेले यूरैनियमसे प्राप्त नहीं हो सकतीं। उन्होंने सोचा, अवश्य ही इस नमूनेमें कोई और तत्त्व मिला हुआ है जो रश्मि-विकीर्ण क्रियामें यूरैनियमकी अपेक्षा कहीं अधिक प्रबल है। अन्तमें यूरैनियमके उस नमूनेके अन्दरसे वे एक नये तत्त्व रैडियमको पृथक करनेमें सफल हुए। रश्मि विकीर्ण गुणके विचारसे रैडियम यूरैनियमकी अपेक्षा कई सौ गुना अधिक शक्तिशाली निकला। फिर तो रैडियमके नामपर

ही रश्मि विकीर्णके गुणको रेडियो-धर्मिता नाम दिया गया। इस सिलसिलेमें जब और अनुसन्धान किये गये तो पता चला कि अन्य कई धातुओंमें भी रेडियो-धर्मिताके गुण मौजूद हैं। ये धातुएँ रेडियोधर्मी धातुएँ कहलाती हैं।

रेडियोधर्मी पदार्थोंकी रश्मियोंकी जब विस्तृत परीक्षा की गयी तो मालूम हुआ कि साधारणतः ये रश्मियाँ तीन श्रेणियोंमें विभाजित की जा सकती हैं। यदि रेडियोधर्मी पदार्थसे निकली हुई एक पतली रश्मिको एक शक्तिशाली चुम्बकके सिरोंके बीचसे गुजारें तो यह रश्मि तीन भागोंमें विस्तरित हो जाती है, एक भाग सीधा अपने पूर्व मार्गपर ही जाता है, दूसरा भाग एक ओरको खूब झुक जाता है तथा तीसरा भाग उसकी विपरीत दिशामें झुकता है, किन्तु इसका झुकाव अपेक्षाकृत कम होता है। इनके नाम क्रमसे गामा रश्मियाँ, बीटा रश्मियाँ तथा अल्फा रश्मियाँ रखे गये। तीनों ही श्रेणीकी रश्मियोंमें तीव्र वेधनशीलताके गुण पाये जाते हैं। रैडियमसे निकलनेवाली गामा रश्मियाँ सीसेकी आध सेण्टीमीटर मोटी चद्दरको बेधकर निकल सकती हैं, किन्तु अल्फा तथा बीटा रश्मियाँ सीसेकी चद्दरको वेध सकनेमें नितान्त असमर्थ होती हैं। बीटा रश्मियाँ १/१०० सेण्टीमीटर मोटे स्वर्ण-पत्रको वेध सकती हैं, किन्तु अल्फा किरणें इन्हें भी नहीं वेध सकतीं। ये केवल हवामें एक आध इंचतक जा सकती हैं।

१८९९ में ब्रिटिश वैज्ञानिक रदर्फर्डने प्रयोगों द्वारा इन रश्मियोंकी असलियत मालूम की। रदर्फर्डके निष्कर्षका बादके प्रयोगों द्वारा पूर्णतया समर्थन भी हो चुका है। वास्तवमें अल्फा रश्मियाँ प्रकाश रश्मियोंके ढंगकी किरणें कदापि नहीं हैं। नन्हें-नन्हें कणोंकी ये बौछार हैं—इन कणोंमें धनात्मक विद्युत् मौजूद रहती है। इस धनात्मक विद्युत्की मात्रा एलेक्ट्रानकी विद्युत्

मात्रासे दूनी होती है। ये अल्फा-कण रेडियोधर्मी पदार्थके अन्दरसे फूटकर २० हजार मील प्रति सेकण्डकी रफ्तारसे भागते हैं। बीटा रश्मियाँ भी कणोंकी बौछार हैं। ये कण वास्तवमें एलेक्ट्रान-कण हैं जिनका जिक्र पिछले अध्यायमें हम कर चुके हैं। अन्तर केवल इतना है कि यहाँपर ये तीव्रतम वेगसे विसर्जित होते हैं, प्रति सेकण्ड लगभग एक लाख मीलकी रफ्तार से। अवश्य ही गामा किरणें ठीक प्रकाश रश्मियों या एक्स-रेकी जाति-की किरणें हैं। कणोंसे इनका कोई सम्बन्ध नहीं है। किन्तु इनकी वेधनशीलता एक्सरेकी वेधनशीलतासे कई गुना अधिक होती है।

रेडियो धर्मी पदार्थोंमें सबसे बड़ी विशेषता यह पायी गयी कि उनकी रश्मिविकीर्ण क्रियाको हम किसी भी उपायसे घटा-बढ़ा नहीं सकते। प्रकृतिके इस करिश्मेपर मानो मनुष्यका कोई वश नहीं चल सकता। उदाहरणके लिए रेडियमको गर्म करके उसका तापक्रम १००० अंश सेण्टीग्रेडतक पहुँचाया गया, फिर भी उसकी रश्मिविकीर्णकी क्रियाशीलता पूर्ववतही बनी रही; रत्तीभर फर्क न आया।

रैडियमके अन्दरसे इस रश्मिविकीर्ण क्रियाके फलस्वरूप निरन्तर उष्णता भी निकलती रहती है। मानो रैडियमके अन्दर ढेर सी शक्ति भरी हो जो हजारों वर्षतक निरन्तर एक ही गतिसे गर्मी अपने अन्दरसे निकालती रहती है। रैडियम परमाणुओंमें शक्तिकी जैसे अक्षुण्ण राशि प्रकृतिने भर दी हो। विशेषज्ञोंने हिसाब लगाया है कि यदि आध सेर रैडियम हम लें तो इसकी गर्मी प्रति घण्टे सेरभर बर्फको पिघलाती रहेगी और यह क्रिया कई सौ वर्षतक जारी रहेगी। निस्सन्देह इस नयी खोजने कतिपय वैज्ञानिकोंके मनमें यह जिज्ञासा उत्पन्न की कि क्या रैडिमयकी शक्तिसे हम मशीनोंका परिचालन नहीं कर सकते? किन्तु जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है रेडियो धर्मी पदार्थोंकी क्रियाशील-

तापर हमारा कोई वश नहीं है, उसपर किसी तरहका नियन्त्रण हम प्राप्त नहीं कर सकते, अतः रेडियो धर्मी पदार्थोंकी शक्तिको वशमें करके उससे मशीन चलानेकी हविस पूरी न हो सकी।

अल्फा कणोंके बारेमें जाँच पड़ताल जारी थी। लार्ड रदर्फर्डने इस सिलसिलेमें एक दिलचस्प प्रयोग किया। उसने रेडियो धर्मी पदार्थोंसे निकले हुए अल्फ़ा कणोंको एकत्र किया तो हर हालतमें हीलियम गेसके परमाणु उन्हें मिले। अर्थात रैडियमके परमाणु प्रतिक्षण अपनेमेंसे अल्फ़ा कणोंके रूपमें ही हीलियमके परमाणु निकालते रहते हैं। यह विज्ञानके लिए एक अत्यन्त ही महत्व-पूर्ण खोज थी। एक तत्वके परमाणुमेंसे दूसरे तत्वके परमाणु हासिल होते हैं। तो क्या कीमियागरोंकी हजारों वर्षकी संचित अभिलाषा पूरी होने जा रही है? जिसे हजारों वर्षके निष्फल प्रयत्नके उपरान्त रसायनिज्ञोंने असम्भव समझ लिया था, वही करिश्मा प्रकृति अपनी प्रयोगशालामें पूरा कर रही है। प्रकृति स्वयं ही कीमियागर निकली। एक तत्त्वका दूसरे तत्त्वमें परिणत करना प्रकृतिके बायें हाथका है।

रेडियो धर्मी पदार्थके परमाणु रश्मिविकीर्ण क्रियामें जब अल्फा कण त्यागते हैं तो अवश्य ही उनके भारमें कमी हो जाती है। यह कमी हीलियम परमाणुके भारके बराबर होती है। अतः उस पदार्थका परमाणु अब नवीन परमाणु बन जाता है। स्वयं इस नवीन तत्त्वके परमाणु रश्मिविकीर्ण क्रियाद्वारा अन्य तत्त्वोंके परमाणुमें बदल जाते हैं। परवर्तनकी एक शृंखला-सी बन जाती है। उदाहरणके लिए यूरेनियमसे रैडियम बनता है, फिर 'रैडान'। और इस प्रकार अन्तमें सीसा जो निष्क्रिय तत्त्व है, इस शृंख-लाकी अन्तिम कड़ी बन जाता है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि रेडियो-धर्मी पदार्थके लाखों परमाणुओंमेंसे प्रतिक्षण कोई-न-कोई एक परमाणु विस्फोट करता

रहता है जिसके फलस्वरूप उसमेंसे अल्फा कण, बीटा कण तथा गामा रश्मियाँ विस्तरित होती हैं और विस्फोटनके उपरान्त वह नये परमाणुमें परिवर्त्तित हो जाता है।

रेडियो धर्मी पदार्थोंने परमाणु विघटनके क्षेत्रमें वैज्ञानिकोंके लिए मार्ग प्रदर्शकका काम किया। साथ ही लार्ड रदर्फर्डने रेडियो-से प्राप्त अल्फा कणोंकी सहायतासे परमाणुके वास्तविक स्वरूपका भी पता लगाया।[१]

जिन दिनों आप मैन्चेस्टरमें थे, आपने अल्फा कणोंके सम्बन्धमें नवीन ढंगके प्रयोग आरम्भ किये। इन अनुसन्धानोंमें आपके सहायकोंमें जाइगर और मार्सडनके नाम विशेष उल्लेखनीय हैं। इनके अनुसंधानमें एक अत्यन्त ही साधारण किस्मके यंत्रका इस्तेमाल किया गया था। सीसेके एक बक्समें छोटा-सा सूराख था। बक्समें रखे हुए रेडियममेंसे अल्फा कणोंकी एक पतली रश्मि सूराखके रास्ते बाहर निकलती थी। सूराखके सामने ही तिरछे कोणपर एक बारीक स्वर्ण-पत्र रखा गया था। प्रयोगमें देखा गया कि बहुतसे अल्फा कण तो स्वर्ण-पत्रको भेदकर दूसरी ओर चले जाते थे, किन्तु अनेक कण स्वर्णके परमाणुओंसे टकरा

१—रदर्फर्ड वास्तवमें न्यूजीलैण्डसे विज्ञानके अध्ययनके लिए विशेष छात्रवृत्ति प्राप्त करके इङ्गलैण्ड १८९५ में आये थे। उस वक्त आपकी अवस्था केवल २४ वर्षकी थी। प्रोफेसर जे० जे० टामसनकी अध्यक्षतामें अपने कैवण्डिश प्रयोगशालामें रेडियो धर्मी पदार्थोंके अनुसन्धानका कार्य आरम्भ किया। आपके अनुसन्धान इतने मौलिक तथा महत्त्वपूर्ण हुए कि तीन वर्ष बाद ही २७ वर्षके इस नवयुवकको कनाडाके मोन्ट्रियल शहरके मैकगिल युनिवर्सिटीमें प्रोफेसरका पद दिया गया। यहींपर १९०८ में आपको अपने अनुसन्धानोंके उपलक्ष्यमें रसायन विज्ञानके लिए जगत्-प्रसिद्ध नोबेल पुरस्कार मिला। १९०९ में आप पुनः इङ्गलैण्ड आये—इस बार मैन्चेस्टर युनिवर्सिटीमें भौतिक विभागके प्रोफेसरके पदपर। यहाँसे १९१९ में आप केम्ब्रिजमें कैवेण्डिश प्रयोगशालाके अध्यक्षके पदपर चले गये। १९३७ में आपकी

कर दूसरी ओर वापस लौट पड़ते थे। पत्रसे टकराकर परावर्त्तित होनेवाले कणोंको एक ऐसे पर्देपर ग्रहण किया गया जिसपर 'जिन्क सल्फाइड' का मसाला पुता हुआ था। जब कभी अल्फा कण इस मसाले पर पड़ते, मसाला उस ठौर चमक उठता। अतः वापस आनेवाले अल्फा कणोंको सहज ही सूक्ष्मदर्शी यंत्रकी सहायतासे गिन भी सकते थे। बक्ससे निकलनेवाले अल्फा कण सीधे ही जाकर जिन्क सल्फाइडके पर्देपर न गिर पड़ें, इस सम्भावनाको रोकनेके लिए बक्स और पर्देके बीच सीसेकी एक प्लेट रख दी गयी थी। कौन अनुमान कर सकता था कि यह साधारण-सा प्रयोग भौतिक विज्ञानकी जटिलतम समस्याको हल कर पाएगा? किन्तु रदर्फर्डने इस प्रयोगके वास्तविक महत्त्वको पहचाना। उसने प्रयोगका ध्यानपूर्वक निरीक्षण करके देखा कि अनेक अल्फा-कण स्वर्णके परमाणुओं द्वारा अपने मार्गसे १८० अंशतक विचलित हो जाते हैं। स्पष्ट है कि स्वर्णके परमाणुओं-द्वारा ये अल्फा कण जबर्दस्त प्रतिकर्षण (हटाव) का बल महसूस करते हैं। अल्फा कण वजनमें भारी होते हैं (हाइड्रोजन परमाणुके वजनसे ४ गुना भारी) तथा इनमें धनविद्युत् होती है। अतः इन्हें अपने मार्गसे इतना अधिक विचलित करनेवाले स्वर्ण-परमाणुके अन्दर भी धनविद्युतका कोई पिण्ड अवश्य मौजूद होगा क्योंकि धनविद्युत् ही धनविद्युतपर प्रतिकर्षणका प्रभाव डाल सकता है। प्रति २० हजार अल्फा कणोंमेंसे जो स्वर्णपत्रपर गिरते हैं, एक कण इस विशेष प्रतिकर्षण शक्तिकी चपेटमें आ जाता है, शेष सभी स्वर्ण-पत्रको पार कर जाते हैं, जैसे खिड़कीके जँगलेमेंसे छर्रियाँ सभीकी सभी आसानीसे पार कर जाती हैं केवल एकाध ही इन छड़ोंसे टकराती हैं।

रदर्फर्डने इसी प्रयोगके आधारपर १९११ में यह निष्कर्ष निकाला कि अवश्य ही परमाणुके अन्दर समस्त धनविद्युत् एक

नन्हेंसे विन्दुपर एकत्र होगा तथा परमाणुका वजन भी लगभग समूचेका समूचा ही इस विन्दुमें निहित होना चाहिये। केवल तभी यह सम्भव हो सकता है कि अल्फाकण परमाणुके निकट आकर इस धनात्मक-विद्युन्मय केन्द्र द्वारा इतना अधिक प्रतिकर्षणका अनुभव करें।

परमाणुके स्वरूपके बारेमें टामसनके माडलमें परमाणुकी कल्पना मोतीचूरके लड्डूकी भाँति की गयी थी कि उसमें धनविद्युत्के प्रोटान तथा ऋणविद्युत्वाले एलेक्ट्रान लड्डूके दानोंकी तरह एक दूसरेसे मिले जुले रहते हैं। किन्तु रदर्फर्डने अपने इन क्रान्तिकारी अनुसन्धानोंके बलपर टामसनके माडलको सर्वथा दोषपूर्ण साबित कर दिखाया। अतः अब यह निर्विवाद रूपसे स्वीकार किया गया कि परमाणुके अन्दर समस्त धनविद्युत् तथा लगभग उसका समस्त वजन केन्द्रस्थित एक नन्हेंसे पिण्डमें एकत्र रहता है। ऋणविद्युत् वाले एलेक्ट्रान कण इस केन्द्रपिण्डसे बाहर रहते हैं। अवश्य ही एलेक्ट्रान कणोंकी विद्युत्की मात्रा केन्द्रपिण्डके धन विद्युन्मात्राके ठीक बराबर रहती है। इसीलिये परमाणु साधारण अवस्थामें विद्युन्मय नहीं होते हैं।

किन्तु अभी भी परमाणुकी बनावटके बारेमें एक प्रश्नका उत्तर देना शेष रहा। केन्द्रपिण्डसे बाहर एलेक्ट्रानकण रहते तो अवश्य हैं, किन्तु परमाणुके अन्दर इनका क्रम क्या है ? ये किस तरहसे परमाणुमें बिठाये गये हैं ? यदि एलेक्ट्रान केन्द्रपिण्डसे बाहर निश्चल हैं तो अवश्य ही केन्द्रपिण्डकी जबर्दस्त धनविद्युत् इसे अपने आकर्षण बल द्वारा अपनी ओर खींचकर इन्हें अपनेमें मिला लेगी। इस प्रश्नका सन्तोषजनक उत्तर कोपेनहेगेनके सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक नीलसबोरने दिया। उसने गणितके सिद्धान्तोंके आधारपर यह दिखलाया कि परमाणुके एलेक्ट्रानकण निश्चल नहीं हैं बल्कि ये केन्द्रपिण्डकी परिक्रमा लगाते हैं। इनका परिभ्रमण

मार्ग दीर्घवृत्त होता है। ठीक उसी भाँति जिस प्रकार सौर मण्डलमें सूर्य्यके गिर्द पृथ्वी, मंगल, शुक्र आदि ग्रह उसकी परिक्रमा लगाया करते हैं। दीर्घ वृत्तमें तीव्र गतिसे घूमनेके कारण ये एलेक्ट्रानकण केन्द्रसे परे बाहरकी ओर फिंकने लगते हैं, किन्तु केन्द्रपिण्डका आकर्षणबल उन्हें अपने परिभ्रमण मार्गसे विचलित नहीं होने देता। सौर मण्डलमें भी पृथ्वीको सूर्य्यका गुरुत्वाकर्षण उसके परिभ्रमण मार्गसे बाहर निकलने नहीं देता।

अतः प्रो० नील्सबोर और रदर्फर्डने परमाणुका सही स्वरूप निर्धारित किया कि परमाणुकी बनावट एक छोटे पैमानेके सौर-मण्डल जैसी है। इसके बीचमें धनात्मक विद्युतका केन्द्रपिण्ड होता है जिसके चारो ओर ऋणविद्युत वाले एलेक्ट्रान कणा परिक्रमा लगाया करते हैं। किन्तु परमाणुकी रूपरेखा निश्चित करनेके सम्बन्धमें अभी भी दो प्रश्न और हल करनेके लिए बाकी थे, एक यह कि केन्द्रके बाहर ये एलेक्ट्रान कण किस प्रकार बँटे हुए हैं? और दूसरा यह कि केन्द्रपिण्डकी रचना किस किस्मके कणोंसे हुई है?

दो अमेरिकन रसायनिज्ञों—जी. एन. लूई तथा अर्विंग लांगमूरने पहले प्रश्नका उत्तर निरे थियोरेटिकल तथ्योंके सहारे प्राप्त किया। उन्होंने बताया कि केन्द्रके बाहर एलेक्ट्रानकण विभिन्न परिधियोंमें बटे हुए हैं, अर्थात् सभी एलेक्ट्रानकण एक ही परिधिपर नहीं घूमते। इस थियरीके अनुसार केन्द्रके बाहर प्रथम परिधिमें २ एलेक्ट्रानकण समा सकते हैं, द्वितीय और तृतीय प्रत्येकमें आठ आठ, चौथे, पाँचवें प्रत्येकमें अठारह अठारह। छठेमें ३२ तथा सातवें वृत्तमें सम्भवतः ३२ एलेक्ट्रानकण समा सकते हैं। किन्तु सबसे भारी तत्व यूरेनियमके परमाणुमें भी इस सातवें वृत्तमें केवल ६ एलेक्ट्रानकण मौजूद हैं।

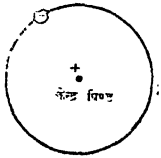
द्वितीय प्रश्नपर हम अगले अध्यायोंमें प्रकाश डालेंगे। अतः

डा० नील्स बार



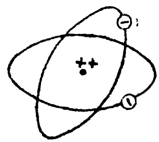
डेन्मार्कके कोपेनहेगेन विश्वविद्यालयके भौतिक विभागके भूतपूर्व अध्यक्ष। नाजी आक्रमणके बाद ही आप स्वीडन होते हुए इंगलैण्ड गये और वहाँसे अमेरिका पहुँचे, जहाँ फेर्मी तथा मेतनेरके साथ परमाणु बमके निर्माणमें आपने अपना अमूल्य सहयोग प्रदान किया। परमाणुकी रूपरेखा आपने ही सर्वप्रथम निर्धारित की थी और इसके उपलक्ष्यमें आपको नोबेल पुरस्कार भी प्रदान किया गया था।

हाइड्रोजन परमाणु



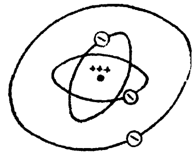
इसके केन्द्रपिण्डमें एक धनविद्युत् आवेश है। इसके केन्द्रपिण्डके गिर्द एक ऋणविद्युत्का एलेक्ट्रानकण परिक्रमा लगाता है।

हीलियमका परमाणु



इसके केन्द्रपिण्डमें दो धनविद्युत् आवेश होते हैं। दो ऋण-विद्युत्के एलेक्ट्रानकण इस केन्द्रपिण्डकी परिक्रमा लगाते हैं।

लीथियमका परमाणु



इसके केन्द्रपिण्डमें तीन धनविद्युत् आवेश होते हैं। तीन ऋण-विद्युतके एलेक्ट्रानकण इसके केन्द्रपिण्डकी परि-क्रमा लगाते हैं।

लूई और लांगमूरकी थियरीके अनुसार हाइड्रोजन (सबसे हल्के तत्त्व) के परमाणुमें केन्द्रपिण्डके बाहर प्रथम वृत्तमें केवल एक एलेक्ट्रान-कण है, फिर इससे भारी हीलियमके परमाणुमें प्रथम वृत्तमें दो एलेक्ट्रानकण हैं। वजनके लिहाजसे तीसरा स्थान लीथियम तत्त्वका आता है जिसके परमाणुमें केन्द्रसे बाहर प्रथम वृत्तमें दो एलेक्ट्रानकग, तथा द्वितीय वृत्तमें एक मौजूद है। इसी प्रकार वजनके लिहाजसे ज्यों-ज्यों हम भारी तत्त्वोंकी ओर बढ़ते हैं उनके परमाणुमें एलेक्ट्रानकणोंकी संख्या एक-एक क्रमके बढ़ती जाती है। उदाहरणके लिए वजनके लिहाजसे हाइड्रोजनके बाद दसवाँ स्थान 'निअन' का आता है अतः 'निअन' के परमाणुमें कुल दस एलेक्ट्रानकण पाये जाते हैं, २ प्रथम वृत्तमें तथा ८ द्वितीय वृत्तमें। इसी प्रकार सबसे भारी तत्त्व यूरैनियममें जिसका स्थान ९२ वें नम्बरपर आता है, कुल ९२ एलेक्ट्रानकण हैं, उनका विवरण इस प्रकार है—२ प्रथम वृत्तमें, ८ द्वितीयमें, ८ तृतीयमें,

१८ चौथे वृत्तमें, १८ पाँचवेंमें, ३२ छठेमें, तथा शेष बचे हुए ६ एलेक्ट्रानकण सातवें वृत्तमें स्थान पाते हैं।

परमाणुओंकी इस रूपरेखासे यह भी स्पष्ट हो जाता है कि केन्द्रपिण्डमें धनविद्युत्की मात्रा उस परमाणुमें स्थित एलेक्ट्रान-कणोंके ऋणविद्युत् मात्राके बराबर ही होनी चाहिये। द्वितीय-अध्यायमें बताया जा चुका है कि मिलिकनने अपने प्रयोग-द्वारा यह निर्विवाद रूपसे प्रमाणित किया था कि विद्युन्मात्राकी सबसे छोटी इकाई एलेक्ट्रानकणकी विद्युत् मात्राके बराबर है। विद्युत् मात्रा इस इकाईसे कम कभी नहीं हो सकती, अतः धन या ऋणविद्युत्को इसी इकाईमें नापते हैं। अतः अब हम कह सकते हैं कि सबसे हल्के तत्त्व हाइड्रोजनके परमाणुके केन्द्रपिण्डमें धनात्मक विद्युत्का एक आवेश मौजूद है, हीलियमके केन्द्रपिण्डमें दो और अन्तिम तत्त्व यूरैनियमके केन्द्रपिण्डमें धनविद्युत्के ९२ आवेश हैं। परमाणुके केन्द्रपिण्डको 'नाभिक' का नाम दिया गया है।

५

केन्द्रपिण्ड (नाभिक) रचना

लार्ड रदर्फर्डने अपने मौलिक अनुसंधानों द्वारा परमाणुकी सही रूपरेखा निर्धारित की थी। केण्द्रपिण्ड या नाभिकके रहस्योद्‌घाटनका श्रेय भी आपको ही प्राप्त है। रैडियमके अल्फा कणोंद्वारा अन्य तत्वोंके परमाणुओंपर आघात पहुँचाकर आपने सर्वप्रथम यह दिखलाया कि परमाणुओंके नाभिकमें एक नियत वजन और नियत विद्युत्‌वाले धनात्मक विद्युत्‌कण मौजूद हैं। इन्हें प्रोटानका नाम दिया गया। इसकी धनात्मक बिजली ठीक एलेक्ट्रान कणकी बिजलीके बराबर है किन्तु ऋणात्मक न होकर यह धनात्मक है। इसक्षेत्रमें किये गये अन्य प्रयोगोंसे शीघ्र ही यह जाना जा सका कि हाइड्रोजनके परमाणुके नाभिकमें केवल एक प्रोटानकण होता है। और जैसा कि हम देख चुके हैं हाइड्रोजन परमाणुमें अकेला एक एलेक्ट्रानकण नाभिककी परिक्रमा लगाता है। अतः हाइड्रोजनके परमाणुकी बनावट अत्यन्त सरल है, अन्य तत्वोंके परमाणु इसकी अपेक्षा जटिल हैं।

प्रोटानकी विद्युत् मात्रा यद्यपि एलेक्ट्रानकणकी बिजलीके बराबर ही है किन्तु इसका भार एलेक्ट्रान कणका १८४० गुना निकला! वैज्ञानिकोंके लिए निश्चय ही यह एक आश्चर्यजनक समाचार था, क्योंकि उन्होंने यह ख्याल किया था कि इसकी विद्युन्मात्रा चूँकि एलेक्ट्रानकणोंकी विद्युत्‌के बराबर है, अतः इसका भार भी एलेक्ट्रानके भारके बराबर ही होगा। उनके आश्चर्यकी सीमा न रही जब बादमें यह मालूम हुआ कि प्रोटान

कणोंका आकार एलेक्ट्रानकी अपेक्षा बहुत ही कम है। मानो प्रोटान एलेक्ट्रानके मुकाबलेमें अत्यन्त ही गर्सीले हैं। तृतीय अध्यायमें हम बता चुके हैं कि एलेक्ट्रानकणोंका वजन हाइड्रोजनके परामाणुके वजनका १८४० वाँ भाग है। अतः सहज ही हम देख सकते हैं कि प्रोटानका वजन लगभग हाइड्रोजन परमाणुके बराबर ही ठहरता है।

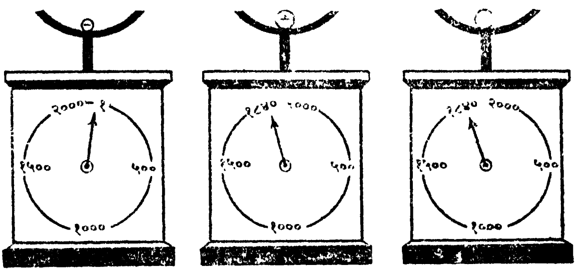
प्रोटानकी खोजसे उत्साहित होकर वैज्ञानिकोंने अन्य तत्वोंके परमाणु नाभिककी रूपरेखा निर्धारित करनेकी चेष्टा की। हाइड्रोजनके बाद द्वितीय स्थान हीलियमका है। इसका परमाणुभार (हाइड्रोजनके परमाणुका भार यदि इकाई माना जाय) ४ है। अतः इसके नाभिकमें इस भारको पूरा करनेके लिए ४ प्रोटानकण होने चाहिये; किन्तु नाभिकके बाहर हीलियम परमाणुमें केवल २ ही एलेक्ट्रानकण होते हैं, अतः यह भी मानना पड़ा कि इसके नाभिकमें भी दो एलेक्ट्रान होंगे। तभी समूचा परमाणु समष्टि रूपसे अविद्युन्मय रह सकेगा; चार धनविद्युत् आवेश चार ऋणविद्युत् आवेशके प्रभावको पूर्णतया नष्ट कर सकेंगे। इसी प्रकार आक्सीजनके परमाणुमें जिसका भार १६ है, नाभिकके अन्दर १६ प्रोटानकण होने चाहिये। वजनके लिहाजसे आक्सीजनका स्थान हाइड्रोजनके बाद आठवाँ है, अतः केवल आठ एलेक्ट्रानकण नाभिकके बाहर परिक्रमा लगाते हैं। इनके अतिरिक्त आठ और एलेक्ट्रानकण नाभिकमें वर्त्तमान होने चाहिये ताकि सम्पूर्ण आक्सीजन-परमाणु आविद्युन्मय रह सके। नाभिक की रचनाकी इस व्याख्याका समर्थन रेडियो धार्मिकताके क्षेत्रकी एक नयी खोजसे भी प्राप्त हुआ। अमेरिकाके हार्वर्ड विश्वविद्यालयके एक वैज्ञानिकने सबसे पहले इस बातकी ओर लोगोंका ध्यान आकृष्ट किया कि रैडियमकी रश्मिविकीर्ण क्रियाकी शृंखलाकी अन्तिम कड़ीमें हमें यद्यपि सीसा प्राप्त होता है किन्तु इसका

परमाणुभार खानोंमें पाये जानेवाले सीसेके परमाणुभारसे भिन्न होता है, यद्यपि इन दोनों श्रेणीके सीसेके रासायनिक गुणोंमें रत्तीभर अन्तर नहीं पाया जाता। तदुपरान्त इङ्गलैण्डके प्रोफेसर सॉडीने अपने अनुसन्धानोंके सिलसिलेमें यह दिखलाया कि रेडियो धर्मिताकी शृंखलामें कई एक तत्व ऐसे मिलते हैं जिनमें दो विभिन्न भारके परमाणु पाये जाते हैं। एक ही तत्त्वके परमाणु जब विभिन्न वजनके पाये जाते हैं तो ये समस्थानिक (आइसोटोप) कहलाते हैं। चूँकि समस्थानिक परमाणुओंके रासायनिक गुण एकसे ही होते हैं, निश्चय ही इनके परमाणुमें नाभिकके बाहरके एलेक्ट्रानकणोंकी संख्या समान होनी चाहिये। परमाणु भारमें कमी बेशी नाभिकमें स्थित प्रोटानकणोंकी संख्याके घटने-बढ़नेके कारण हो सकती है। सम्पूर्ण परमाणुको अविद्युन्मय बनाये रखनेके लिए नाभिकमें अतिरिक्त प्रोटानकणकी संख्याके बराबर ही एलेक्ट्रानकण और डालने पड़ते हैं।

कुछ तत्त्वोंके परमाणुभार पूर्णाङ्कोंमें न होकर सही बटेमें आते हैं। जैसे क्लोरीनका परमाणुभार ३५·४६ है। सभी तत्त्वोंके नाभिक पूरे-पूरे प्रोटानकणों तथा एलेक्ट्रानकणोंके बनते हैं। प्रत्येक प्रोटानकणोंका वजन हमारे पैमानेके अनुसार १ होता है, एलेक्ट्रानकणोंका वजन तो नगण्य है। अतः प्रत्येक तत्त्वके परमाणुका भार पूर्ण अंकोंमें मिलना चाहिये। आखिर इस मुश्किलका हल भी समस्थानिक परमाणु द्वारा हुआ। केम्ब्रिजके प्रो० ऐस्टनने अनेक जटिल प्रयोगों द्वारा यह साबित किया कि साधारण क्लोरीन वास्तवमें दो किस्मकी क्लोरीनका मिश्रण है। एक का परमाणुभार ३५ है, दूसरेका ३७ है। साधारण क्लोरीनमें ये दोनों इस अनुपातसे मिले रहते हैं कि इनका औसत परमाणुभार हिसाब लगानेपर ३५·४६ निकलता है। अनेक तत्त्व जिनके परमाणुभार पूर्णांकोंमें पाये गये हैं, उनमें भी अकसर समस्थानिक

मौजूद रहते हैं। जैसे साधारण आक्सीजन तीन प्रकारके समस्थानिकका मिश्रण है, इनके परमाणुभार १६, १७, १८ हैं। समस्थानिककी खोजने डाल्टनके परमाणु-वादकी इस घोषणाको भी अन्तिम ठोकर दी कि एक ही तत्त्वके सभी परमाणु हर मानेमें एक जैसे होते हैं।

नाभिककी रचनाकी इस व्याख्याने यद्यपि अबतक विज्ञानकी सभी गुत्थियोंको सन्तोषजनक ढंगपर सुलझाया किन्तु बादमें परमाणुओंसे सम्बद्ध अनेक ऐसे नये तथ्योंका पता चला जिन्हें यह व्याख्या सुलझानेमें असमर्थ रही। फिर १९३२ में दो नये क्षुद्रकणोंका पता चला; एक अविद्युत् कण (न्यूट्रान) दूसरा भारी हाइड्रोजन कण। अतः अब नाभिककी रचनाकी व्याख्यामें



एलेक्ट्रान कणका भार १ माना गया है | उसी पैमानेपर प्रोटान कणका वजन १८४० ठहरता है | न्यूट्रान कणका वजन भी उसी पैमानेपर १८४० ठहरता है।

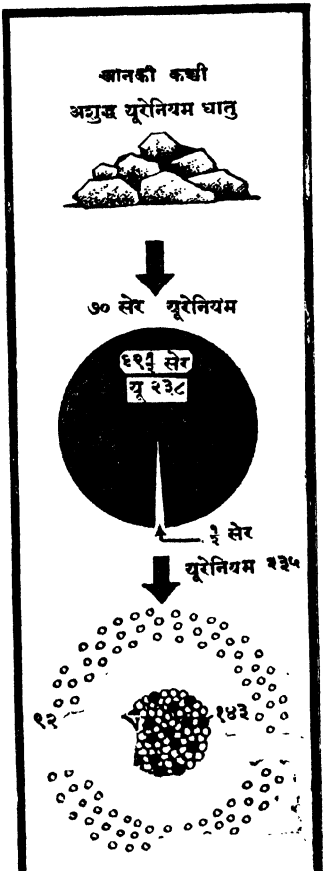
समुचित संशोधन करना पड़ा। इस संशोधित व्याख्याके अनुसार नाभिकमें केवल प्रोटान कण तथा न्यूट्रान होते हैं—इसमें एलेक्ट्रान कणोंके लिए कोई जगह नहीं। परमाणुमें नाभिककी परिक्रमा लगानेवाले एलेक्ट्रान कणोंकी जितनी संख्या होती है, ठीक उतने प्रोटानकण नाभिकमें मौजूद होते हैं ताकि परमाणु

अविद्युन्मय रहे। परमाणु भारकी शेष कमीकी पूर्त्ति नाभिकमें स्थित न्यूट्रान कणोंद्वारा हो जाती है। न्यूट्रान कणका भार प्रोटान कणके भारके बराबर होता है किन्तु न्यूट्रानमें विद्युत नहीं होती, न धन जातिकी और न ऋण जातिकी।

अतः अब हम विभिन्न तत्त्वोंके परमाणुओंके नाभिककी सही रूपरेखा निर्धारित कर सकते हैं। सबसे हलके तत्त्व हाइड्रोजनके नाभिकमें केवल एक प्रोटानकण है जिसके बाहर अकेला एक एलेक्ट्रान परिक्रमा लगाता है। इससे भारी तत्त्व हीलियमके नाभिकमें दो प्रोटान होते हैं जो बाहर परिक्रमा लगानेवाले दो एलेक्ट्रानोंके विद्युत्-प्रभावको नष्ट करते हैं। किन्तु हीलियमका परमाणु भार ४ है, अतः इसके नाभिकमें दो न्यूट्रान कण भी मौजूद हैं ताकि नाभिकका वजन ४ हो जाय। इसी प्रकार लीथियमका स्थान वजनके लिहाजसे हाइड्रोजनके बाद तीसरा है। अर्थात् इसमें नाभिककी परिक्रमा लगानेवाले एलेक्टान कणोंकी संख्या ३ है। अतः इसके नाभिकमें ३ प्रोटान हैं। किन्तु लीथियमका परमाणुभार ७ है, इसलिए नाभिकमें ३ प्रोटान-कणके अतिरिक्त ४ न्यूट्रानकण भी मौजूद हैं। इस प्रकार क्रमसे ज्यों-ज्यों हम भारी तत्त्वोंकी ओर बढ़ते हैं, उनके नाभिकमें प्रोटान कणोंकी संख्या एक-एक करके बढ़ती जाती है। यहाँतक कि सबसे भारी तत्त्व युरैनियमके परमाणु नाभिकमें कुल ९२ प्रोटान हैं। इसका परमाणु भार २३८ है। अतः नाभिकमें न्यूट्रान कणोंकी संख्या (२३८–९२) = १४६ निकलती है।

समस्थानिकवाले तत्त्वोंके परमाणुके भारके अन्तरका भी समाधान केन्द्रपिण्डकी इस नूतनतम व्याख्याद्वारा सन्तोषजनक रीतिसे हो सकता है। हाइड्रोजनका परमाणु भार १ है, भारी हाइड्रोजन (हाइड्रोजनका समस्थानिक) का परमाणुभार २ है। अतः भारी हाइड्रोजनके नाभिकमें एक प्रोटानकणके अतिरिक्त एक

न्यूट्रान कण भी होता है। इसी प्रकार लीथियमके दो समस्थानिक



यूरेनियम २३५ का परमाणु

साधारण अवस्थामें पाये जानेवाले यूरैनियमका समस्थानिक यूरैनियम २३५ अत्यन्त ही कम मात्रामें लभ्य है।

खानसे प्राप्त साधारण यूरैनियममें केवल ·०७ प्रतिशत भाग यूरैनियम २३५ का होता है—इसीके परमाणुके विखण्डित होनेपर अपरिमित शक्ति विमुक्त होती है।

इसके नाभिकमें ९२ प्रोटान और १४३ न्यूट्रान हैं। नाभिकके गिर्द ९२ एलेक्ट्रान परिक्रमा लगाते हैं।

होते हैं एकका परमाणु भार ६, दूसरेका ७ है। हम देख चुके

हैं कि वजनके लिहाजसे लीथियमको तत्त्वोंकी श्रेणीमें तृतीय स्थान प्राप्त है। इसीलिए इसके नाभिकमें तीन प्रोटान कण अवश्य मौजूद होने चाहिये। अतः जिसका परमाणुभार ६ है, उसके केन्द्रपिण्डमें ३ न्यूट्रानकण हैं तथा जिसका परमाणु ७ है उसके केन्द्रपिण्डमें ४ न्यूट्रानकण। अर्थात् एक ही तत्त्वके सम-स्थानिक परमाणुओंके नाभिकमें प्रोटान कणोंकी संख्या समान होती है, केवल न्यूट्रानकणोंकी कमी बेशीके कारण उनके परमाणु भार में अन्तर हो जाता है।

सम्भवतः अब हम इस स्थितिपर पहुँच गये हैं कि पदार्थ जगत्-के गूढ़तम रहस्योंका उद्घाटन कर सकें। विश्वमें हम हजारों लाखों प्रकारकी विभिन्न वस्तुएँ देखते हैं जिनमें साधारणतः परस्पर कोई सम्बन्ध नहीं दीखता। सैकड़ों ठोस पदार्थ हैं लकड़ी, धातु, पत्थर आदि; हजारों द्रव-पदार्थ हैं पानी, तेल, घी; तथा गैसोंकी संख्या भी कम नहीं है। किन्तु रसायनिज्ञोंने पता लगा लिया है कि वास्तव में ये अनगिनत चीजें कुल केवल ९२ मूल पदार्थोंके संयोगसे बनी हुई हैं। जिस प्रकार हलवाई केवल मैदे, घी, पानी तथा चीनी-को लेकर बीसियों किस्मकी मिठाइयाँ तैयार कर लेता है, उसी प्रकार प्रकृतिने भी अपनी प्रयोगशालामें इन ९२ मूल पदार्थों (तत्त्वों) की मददसे अपनी सृष्टिकी रचना की है। बादमें यह भी दिखाया जा सका कि ये मूल तत्त्व परमाणुओंसे बने हैं तथा प्रत्येक तत्त्वके परमाणु अन्य तत्त्वोंके परमाणुओंसे भिन्न होते हैं। मानों प्रकृतिने सृष्टि-निर्माणका काम इन्हीं ९२ विभिन्न किस्मकी ईटोंको लेकर आरम्भ किया। १९ वीं शताब्दीके आखीरतक यही धारणा ठीक समझी जाती थी। किन्तु २० वीं शताब्दीमें वैज्ञानिक परमाणुके भीतर भी प्रवेश करनेमें समर्थ हुआ। फलस्वरूप ये ९२ ईंटें अब एक दूसरे से पूर्णतया विभिन्न न रहीं। सृष्टि रचनाके मूलमें ९२ विभिन्न ईंटोंके स्थानपर केवल

तीन ही ईंटोंका वजूद मिला—धनविद्युतके प्रोटान कण, ऋण विद्युत्के एलेक्ट्रान और न्यूट्रान जिनमें बिजली होती ही नहीं। इन्हीं तीन मौलिक कणोंको लेकर इस अखिल ब्रह्माण्डकी रचना प्रकृतिने की है।

अन्तमें इन कणोंके आकारका भी आभास हम पाठकोंको देना चाहेंगे। इन क्षुद्र कणोंकी मोटाईका अन्दाज आप इस तरह लगा सकते हैं कि यदि १० अरब एलेक्ट्रान कणोंको एक दूसरेसे सटाकर एक लाइनमें रखा जाय तो इनकी मोटाई सिरके बालके मोटाईके बराबर होगी। प्रोटानकण यद्यपि वजनमें इलेक्ट्रान कणसे लगभग २००० गुना भारी है, फिर भी यह इतना गसीला है कि इसकी मोटाई एलेक्ट्रान कणकी मोटाईके लगभग २ हजारवें भागके बराबर ठहरती है। न्यूट्रानकण भार तथा आकार दोनों ही लिहाजसे प्रोटानकणके बराबर है, अवश्य इसमें विद्युत् नहीं होती।

६

परमाणु विघटन

पिछले अध्यायोंमें हम देख चुके हैं कि काँचकी वैकुअम नलीमें किसी गैसको रखकर उसमेंसे ऊँचे वोल्टेज की विद्युतका प्रवाह करानेपर गैसके परमाणुओंसे एलेक्ट्रान कण पृथक हो जाते हैं। इस क्रियामें परमाणुके बाह्य भागका ही एक अंश विच्छिन्न होता है। अतः इस क्रियाके फलस्वरूप परमाणुकी असलियतमें कोई अन्तर नहीं आता। वास्तवमें परमाणुका नाभिक ही उसका व्यक्तित्व निर्धारित करता है। अतः एक मूल तत्वको दूसरे तत्वमें परिणत करनेके निमित्त आवश्यक है कि उसके नाभिकके अवयवोंमें हेरफेर किया जाय। इसके लिए नाभिकको विघटित करना पड़ेगा। नाभिकको बाह्यकणोंद्वारा आघात पहुँचाकर ही तोड़ सकते हैं। इस विशिष्ट क्रियाको परमाणु-विघटनका नाम दिया गया है।

परमाणु विघटन निस्सन्देह एक दुस्तर कार्य है। परमाणुओंने बाह्य आक्रमणसे अपनी रक्षा करनेके लिए एक व्यूहसा बना रखा है। परमाणु नाभिकके बाहर सन्तरीके रूपमें एलेक्ट्रान कण अपनी-अपनी नियत परिधिमें चक्कर लगाया करते हैं। किन्तु ये सन्तरी इतने दूर-दूरपर रहते हैं तथा इनका भार इतना कम है कि बाहरसे आनेवाले धनविद्युत् कणोंके मार्गमें ये कोई विशेष रुकावट उत्पन्न नहीं कर पाते। किन्तु भीतर प्रवेश करते ही नाभिकका प्रतिकर्षण बल उनका विरोध करने लगता है। नाभिकके चारों ओर एक जबर्दस्त प्रतिकर्षण बलका क्षेत्र रहता

है। बाह्य कण नाभिकके जितना निकट पहुँचता है उतना ही अधिक प्रतिकर्षणका प्रभाव उसपर लगता है। रदर्फर्डने अल्फा कणोंको जब स्वर्णपत्रके परमाणुकी ओर फेंका था, तब स्वर्ण परमाणुके नाभिकके प्रतिकर्षण बलने उन्हें उलटी दिशामें परावर्तित कर दिया था। वे बेचारे नाभिकको स्पर्शतक करनेमें असमर्थ रहे थे। बाह्य धनविद्युत् कणोंकी बौछार जब परमाणुओं-पर फेंकी जाती है तो लाखोंमेंसे एकाध ही कण केन्द्रपिण्डके लक्ष्यको भेदनेमेंमें समर्थ हो पाते हैं। क्योंकि परमाणु, जैसा कि हम देख चुके हैं, स्वयं एक ठोस पिण्ड नहीं है। सौर परिवारकी भाँति ही परमाणुके परिवारके सदस्य भी एक दूसरेसे दूर-दूर स्थित हैं। वास्तवमें परमाणुके भीतर अधिकांश तो खाली जगह ही है। परमाणुके आकारके एक हजारवें भागमें क्षुद्रतम नाभिक स्थित है, शेष भाग एकदम खाली है जिसके अन्तिम छोरपर दो-चार एलेक्ट्रान कण अपनी परिधिपर चक्कर लगाते हुए मिलते हैं। अतः बाह्य कणोंकी बौछार जब परमाणुओंपर फेंकी जाती है तो बिरले ही भाग्यशाली कण अपने लक्ष्य नाभिकसे सीधे टकरा पाते हैं, वरना अधिकांश तो अपना निशाना चूक ही जाते हैं।

यही कारण है कि किमियागर इतना प्रयत्न करनेपर भी पर-माणुके नाभिकका विघटन करनेमें असफल रहे थे। और इस प्रकार एक तत्त्वको दूसरे तत्त्वमें परिणत करनेका उनका स्वप्न अधूरा रह गया। आखिर १९१९ में रदर्फर्डने परमाणु नाभिकके विघटनके लिए अल्फा कणोंको अपना कार्तूस चुना। इनके स्वर्ण पत्रवाले प्रयोगमें अल्फा कण नाभिकके अत्यन्त निकट पहुँचकर उसके प्रतिकर्षण बलके प्रभावसे उलटे परावर्तित हो गये थे—वे नाभिक-में प्रवेश न पा सके थे। रदर्फर्ड ने सोचा, क्या यह सम्भव नहीं कि इन नायाब कार्तूसों (अल्फा कणों) की सहायतासे नाभिक-को विभाजित कर दिया जाय? रदर्फर्ड यह प्रमाणित कर चुके

थे कि रेडियो-धर्मी पदार्थके परमाणु-केन्द्र रश्मि-विकीर्ण क्रियामें स्वयं टूटते रहते हैं। अतः उन्हें इस बातका इतमीनान था कि परमाणु नाभिक अविभाज्य नहीं हैं। जो काम प्रकृति सृष्टिके आरम्भसे करती आ रही है उसे ही रदर्फर्डने अपनी प्रयोगशालामें पूरा करनेका प्रण किया।

१९१९ में जब कि रदर्फर्ड केम्ब्रिजके केविण्डिश प्रयोग शालामें प्रोफेसरके पदपर नियुक्त हो चुके थे, उन्होंने परमाणु विघटनका सर्वप्रथम प्रयोग किया। आपका यन्त्र अत्यन्त ही सादे ढंगका था। एक बक्सके अन्दर रेडियमका छोटा-सा टुकड़ा रक्खा गया। बक्सकी दीवारमें एक खिड़की बनायी गयी जिसपर चाँदीका बारीक पत्र मढ़ दिया गया था। बक्सकी छतमें दो सूराख थे; एक गैसके प्रवेशके लिए दूसरा उसके बाहर निकलनेके लिए। खिड़कीके सामने बाहर काँचका पर्दा था जिसपर जिंक सल्फाइडका मसाला पुता हुआ था। इस पर्देका निरीक्षण करनेके लिए सामने ही सूक्ष्मदर्शी यन्त्र लगाया गया था। बक्में जब रदर्फर्डने नाइट्रोजन गैस डाली तो देखा गया कि जिंक सल्फाइडके पर्देपर जगह-जगह नन्हें-नन्हें विन्दुओंपर क्षणिक चमक उत्पन्न होती थी। अवश्य ही खिड़कीमेंसे विद्युत्कण निकलकर बाहर आ रहे थे जो जिंक सल्फाइडके पर्देपर आघात करके उसमें चमक उत्पन्न करते थे। यह तो मालूम ही था कि अल्फाकण चाँदीके पत्रको भेदकर बाहर नहीं निकल सकते। अतः अब दो ही सम्भावनाएँ शेष रहीं; बाहर निकलनेवाले कण या तो प्रोटानकण हैं या एलेक्ट्रानकण। रदर्फर्डने चुम्बक द्वारा इन कणोंपर आकर्षण प्रतिकर्षणका बल डालकर देखा तो पाया कि ये कण धनविद्युत्कण हैं। इस प्रकार रदर्फर्डने साबित कर दिखाया कि ये वास्तवमें प्रोटानकण ही हैं। तो फिर ये आये कहाँसे? निश्चय ही ये नाइट्रोजनके नाभिकमें-

से निकले होंगे। रदर्फर्ड विज्ञान-जगत्की हजारों वर्ष पुरानी समस्याको इस प्रयोग द्वारा हल करनेमें समर्थ हुए। अल्फाकणों-की बौछार नाइट्रोजनपर डालकर उन्होंने नाइट्रोजनके नाभिकमेंसे एक प्रोटानकणको पृथक् कर दिया। बक्सकी गैसकी परीक्षा करनेपर देखा गया कि नाइट्रोजन आक्सीजनमें परिवर्तित हो गयी थी, क्योंकि नाइट्रोजन परमाणुके नाभिकमेंसे एक प्रोटान कणको अलग करके अल्फाकण स्वयं उसमें बैठ गया था। हम देख चुके हैं कि प्रोटानकण वास्तवमें हाइड्रोजन परमाणुका ही नाभिक है, तथा अल्फाकण हीलियम परमाणुका नाभिक। अतः रदर्फर्डने अपने इस प्रयोग द्वारा एक नवीन रसायन विज्ञानको जन्म दिया। नाभिक सम्बन्धी प्रतिक्रियाके क्षेत्रमें नवीन अनुसन्धानोंके लिए उन्होंने मार्ग प्रदर्शन किया। उनके इस प्रयोगके फलको हम रासायनिक कियाओंकी तरह निम्नलिखित समीकरण द्वारा व्यक्त कर सकते हैं:— नाइट्रोजन + हीलियम = आक्सीजन + हाइड्रोजन।

इस प्रयोगमें एक महत्त्वपूर्ण बात यह भी थी कि अल्फाकणों-के आघातसे विमुक्त होनेवाले प्रोटानकणोंमें इन अल्फाकणोंकी अपेक्षा अधिक शक्ति मौजूद पायी गयी। भौतिक विज्ञानके साधारण नियमोंसे यह एकदम प्रतिकूल बात थी। कैरमके स्ट्राइकरसे गोटको जब आप मारते हैं तो गोटमें स्ट्राइकरकी अपेक्षा कम ही शक्ति मौजूद होनी चाहिये। तो इस प्रयोगसे बरबस यह निष्कर्ष निकलता है कि परमाणुके नाभिकमें अपार शक्ति भरी पड़ी है। अल्फाकण नाभिकमें घुसकर इस बँधी हुई शक्तिके कुछ अंशको विमुक्त कर देता है।

रदर्फर्डके इस अनूठे प्रयोगसे उत्साहित होकर अमेरिका तथा यूरोपकी प्रयोगशालाओंमें अनेक वैज्ञानिकोंने इस नवीन क्षेत्रमें अनुसन्धान करने शुरू कर दिये। इस क्षेत्रमें अनुसन्धानों की मानो एक बाढ़-सी आ गयी। इस सिलसिलेमें यह देखा गया

कि हल्के परमाणु-भार के चार तत्त्व लीथियम, बोरन, फ्लोरीन तथा बेरिलियमके परमाणुओंपर जब अल्फाकणोंकी बौछार फेंकी जाती है तो इनमेंसे कुछ तीव्र रश्मियाँ ऐसे किस्मकी निकलती हैं जिनकी वेधनशीलता अत्यन्त प्रबल होती है—ये दो सेण्टीमीटर मोटी पीतलकी चद्दरको वेधनेमें समर्थ होती हैं। निश्चय ही ये प्रोटानकण हो नहीं सकती क्योंकि प्रोटानकी वेधनशक्ति बहुत ही कम होती है। शुरूमें अनुसन्धानकोंने सोचा कि सम्भवतः ये गामा-रश्मियोंकी जातिकी हैं क्योंकि केवल गामा रश्मियोंमें ही इतने अधिक परिमाणमें वेधनशीलता अभीतक पायी गयी थी।

इन तीव्र रश्मियोंकी जाँच करनेके सिलसिलेमें मैडम क्यूरी-की पुत्री इरीन क्यूरी तथा उनके पति जोलियोने इन किरणोंके मार्गमें मोमका पर्दा रखा तो उनके आश्चर्य्यकी सीमा न रही जब उन्होंने देखा कि इन किरणोंके आघातसे मोमके अन्दरसे प्रोटान-कण विमुक्त होते हैं। शीघ्र ही उन्होंने यह भी मालूम कर लिया कि केवल हाइड्रोजनवाले पदार्थों—मोम, सेलोफेन तथा पानीके अन्दरसे ये रश्मियाँ प्रोटानकण विमुक्त करा सकती हैं। उन्होंने नतीजा निकाला कि अल्फाकण जब बेरिलियमसे टकराते हैं तो बेरिलियमके अन्दरसे गामा रश्मियाँ निकलती हैं जो हाइड्रोजन-वाले पदार्थोंके परमाणुओंके अन्दरसे प्रोटनकण विमुक्त करा देती हैं।

१९३२ में इन अनुसन्धानोंके निष्कर्षसे प्रेरित होकर केम्ब्रिजमें चैडविकने स्वयं कई प्रयोग किये और उन्होंने दिखलाया कि हाइड्रोजनवाले पदार्थोंके अतिरिक्त अन्य हल्के तत्त्व-लीथियम, तथा नाइट्रोजनवाले पदार्थोंके परमाणुओंके अन्दरसे ये तथाकथित गामा रश्मियाँ उनके नाभिकको विमुक्त कराती हैं। निश्चय ही यह मानना पड़ा कि अल्फाकणोंके आघातके फलस्वरूप बेरिलियमसे निकलनेवाली किरणें अकेली गामा रश्मियाँ ही नहीं हो सकती।

चैडविकने ही आखिर यह प्रमाणित किया कि अल्फ़ाकणोंके आघातसे बेरिलियम परमाणुओंके अन्दरसे न्यूट्रानकणोंकी एक तीव्र बौछार निकलती है। इनका भार प्रोटान कणके बराबर ही होता है किन्तु ये अविद्युन्मय होते हैं। यही कारण है कि न्यूट्रान कण जब हाइड्रोजन या अन्य हलके तत्त्वोंके परमाणुके नाभिकसे टकराते हैं तो वे अपनी शक्तिका लगभग आधा हिस्सा उसी नाभिकको दे देते हैं—फलस्वरूप यह नाभिक तेजीके साथ बाहर निकल भागता है। जिस प्रकार पत्थरकी एक गोलीसे दूसरी गोलीको मारनेपर दूसरी गोली एक ओर भागती है और पहलीकी रफ्तार कम हो जाती है उसी प्रकार न्यूट्रान अपने आकारके नाभिकसे टकरानेपर उस नाभिकको गति प्रदान कर स्वयं धीमी गतिसे चलने लग जाते हैं। किन्तु भारी वजनके नाभिकसे टकरानेपर ये स्वयं अपने मार्गसे विचलित हो जाते हैं और नाभिक अपनी जगहसे टससे मस नहीं होता। मानो तोपके बड़े गोलेसे पत्थरकी छोटी गोली जा लगी हो—इस हालतमें गोली अपने मार्गसे विचलित हो जाती है किन्तु गोला अपनी जगहपर ज्यों-का-त्यों बना रहता है। यही कारण है कि बेरिलयमसे निकलनेवाली न्यूट्रान कणोंकी बौछार भारी तत्त्वोंके परमाणु-केन्द्रपिण्डमेंसे उसके अवयवोंको विमुक्त नहीं कर सकी थी।

इस बीच परमाणु विघटनके प्रयत्न निरन्तर जारी थे। परमाणु नाभिकको छिन्न-भिन्न करनेके निमित्त नवीन ढंगके शक्तिशाली कार्तूसकी खोजमें वैज्ञानिक लगे हुए थे। यद्यपि परमाणु विघटनका सर्वप्रथम सफल प्रयोग अल्फाकणोंकी बौछारसे पूरा किया गया था किन्तु शीघ्र ही यह अनुभव किया जाने लगा कि नाभिकको तोड़नेके लिए अल्फाकण सर्वोत्तम किस्मके कार्तूस नहीं हैं। एक तो ये भारी भरकम होते हैं, दूसरे इनमें दो धनविद्युत् आवेश होता है। इस धनविद्युत् आवेशके कारण जब कभी ये नाभिकके

निकट पहुँते हैं, इन दोनोंके बीच परस्पर जबर्दस्त प्रतिकर्षण होता है। और बिरले ही अवस्थामें लाखोंमेंसे एकाध अल्फाकण नाभिकको स्पर्श कर पाता है, सो भी केवल उस दशामें जब कि इसकी रफ्तार इतनी अधिक हो कि वह बावजूद इस प्रतिकर्षण शक्तिके, नाभिकतक पहुँच पाये। स्वभावतः परमाणु विघटनके लिए वैज्ञानिकोंका ध्यान प्रोटान कणकी ओर आकृष्ट हुआ। क्योंकि अल्फाकणोंकी तुलनामें तो ये कण कहीं अधिक सफल कार्तूस साबित हो सकते हैं। आकारमें ये अल्फाकणोंकी अपेक्षा छोटे होते हैं, साथ ही इनमें धनविद्युत् आवेश अल्फाकणके आवेशका आधा होता है, अतः नाभिकके निकट पहुँचनेपर इनपर उतना अधिक प्रतिकर्षण प्रभाव नहीं पड़ सकता जितना अल्फाकणोंपर।

किन्तु उन दोनोंसे ही श्रेष्ठतर न्यूट्रानकण है। यद्यपि इसका वजन प्रोटानकणके वजनके बराबर ही होता है, किन्तु इसमें विद्युत् आवेश कत्तई नहीं होता। अतः नाभिकके समीप पहुँचनेपर नाभिकका इनपर विद्युत् प्रतिकर्षणका प्रभाव नहीं हो सकता। ये बड़ी आसानीसे नाभिकमें प्रविष्ट कर सकते हैं। तीव्रगामी न्यूट्रान भारी तत्त्वोंमें बहुत दूरतक प्रवेश कर सकते हैं क्योंकि इन तत्त्वोंके नाभिक वजनी होनेके कारण न्यूट्रानकणोंकी शक्तिको बँटाते नहीं हैं, न्यूट्रानकण अपनी रफ्तार बदस्तूर कायम रखते हैं, किन्तु हलके तत्त्वों (हाइड्रोजन) में प्रवेश करनेपर शीघ्र ही न्यूट्रानकण इन तत्त्वोंके परमाणु नाभिकोंको अपनी शक्तिका अधिकांश दे देते हैं अतः उनकी रफ्तार कम हो जाती है। वे अधिक दूरतक इन तत्त्वोंमें प्रवेश नहीं कर पाते। फलस्वरूप तीन फीट मोटी सीसेकी दीवारको तो न्यूट्रानकण आसानीसे भेद सकते हैं जब कि डेढ़ फीटकी मोटी पानीकी दीवारको पार करनेमें वे असमर्थ रहते हैं।

भारी हाइड्रोजनकी खोजने परमाणु-वैज्ञानिकोंके हाथमें सम्भवतः परमाणु विघटनका सर्वोत्तम अस्त्र प्रदान किया। यह अस्त्र है भारी हाइड्रोजन-परमाणुका नाभिक—डायट्रान। डायट्रान वास्तवमें एक प्रोटान कण तथा एक न्यूट्रानकणका सम्मिलित पिण्ड है। अतः यद्यपि इसका भार दो है, इसमें धनविद्युत् आवेश एक ही है। इस पिण्डमें ये दोनों कण कुछ बहुत अधिक घनिष्ठ सूत्रसे नहीं बँधे होते। डायट्रानको बाहरकी विद्युत् शक्तिद्वारा तीव्रतम गति प्रदान करना सम्भव है। न्यूट्रानकणोंके सम्बन्ध में ऐसा करना सम्भव नहीं क्योंकि न्यूट्रान कणोंको विद्युत शक्तिद्वारा गति प्रदान नहीं की जा सकती। इस प्रकार विद्युत शक्तिद्वारा डायट्रानकी गतिको खूब तेज करके इनकी बौछारको विभिन्न तत्त्वोंके परमाणुओंपर फेंका जा सकता है। ऐसी दशामें ये उन परमाणुओंके नाभिकके अत्यन्त निकट जब पहुँचते हैं तो विद्युत प्रतिकर्षणका प्रभाव विशेषरूपसे स्पष्ट होता है—यह प्रतिकर्षण शक्ति डायट्रानके विद्युन्मय अवयव प्रोटानकणको अलग दूर हटा देती है, उसी वक्त न्यूट्रानकणका लगाव प्रोटानकणसे छूट जाता है और यह न्यूट्रान अपने पूर्व मार्गसे विचलित हुए बिना ही सीधा आगे बढ़ता हुआ पूर्ण वेगके साथ परमाणु नाभिकसे जा टकराता है। डायट्रानमें प्रोटानकण मानो न्यूट्रानकणको अपने कन्धोंपर लिये रहता है—आक्रमणके समय न्यूट्रानकणको अपने कन्धोंसे उतार कर उसे आगे ढकेल देता है और स्वयं रणक्षेत्रसे दूर भाग जाता है।

परमाणु विघटन क्षेत्रके इन विभिन्न प्रकारके कार्तूसोंको शक्ति प्रदान करनेके लिए यह भी आवश्यक समझा गया कि शक्तिशाली विद्युत् यन्त्रोंका निर्माण किया जाय जो विद्युन्मय कणोंकी रफ्तारको बेहद बढ़ा सकें। इस दिशामें यूरोप और अमेरिकाकी प्रयोगशालाओंमें विशेष प्रयत्न किये जाने लगे।

१९२९ में कुछ वैज्ञानिकोंने सोचा कि जिस प्रकार नगरके पावर हाउसमें ए० सी० विद्युत्को ट्रान्सफार्मरद्वारा ऊँचा वोल्टेज प्रदान करके उसे दूर भेजा जाता है, उसी प्रकार हम अपनी प्रयोग-शालामें भी एकके बाद दूसरे ट्रान्सफार्मरको लगाकर ए० सी० विद्युत्की वोल्टेजको खूब बढ़ा लें, तदुपरान्त उसे रेडियो वाल्व-द्वारा डी० सी० विद्युत्में परिवर्तित कर लें। तब ऊँचे वाल्टेजकी यह डी० सी० बिजली विद्युन्मय कणोंको तीव्र गति प्रदान करनेके लिए प्रयुक्त की जा सकती है। इस ढंगके यन्त्र द्वारा केम्ब्रिजके वैज्ञानिक काक्राफ्ट और वाल्टन १० लाख वोल्टकी विद्युत् उत्पन्न करनेमें सफल हुए। और १९३२ में इस यन्त्रकी सहायतासे उन्होंने परमाणु विघटनके कुछ महत्त्वपूर्ण प्रयोग भी किये। उन्होंने लीथियमके समस्थानिक (परमाणु भार ७) पर जब प्रोटानकणोंकी बौछार फेंकी तो पाया कि लीथियम परमाणुके नाभिकमें एक प्रोटानकण जाकर चिपक गया। फलस्वरूप लीथि-यमका नाभिक जिसमें अब ४ न्यूट्रानकणोंके अतिरिक्त ४ प्रोटान-कण मौजूद थे, दो समान भागोंमें विभक्त हो गया। इस प्रकार लीथियम नाभिक टूट कर दो अल्फाकणोंमें तबदील हो गया। दूसरे शब्दोंमें हम कह सकते हैं कि काक्राफ्ट और वाल्टनने लीथियम परमाणुको तोड़कर हीलियम परमाणुका निर्माण किया। वास्तवमें काक्राफ्ट और वाल्टनने प्रयोगशालामें अपने बाहुबलसे पहली बार परमाणु विघटनकी क्रिया सम्पादित की। इसके पूर्व वैज्ञानिक परमाणु-विघटनके लिए प्रकृतिप्रदत्त कार्तूसोंका इस्तेमाल करते थे। रेडियो धर्मी पदार्थोंसे निकलनेवाले तीव्र-गतिके अल्फाकण इस कामके लिए प्रयुक्त किये गये थे। किन्तु इस प्रयोगमें काक्राफ्ट और वाल्टनने परमाणु विघटनके लिए उपर्युक्त अस्त्र स्वयं तैयार किया। उन्होंने हाइड्रोजन परमाणुसे प्रोटानकण प्राप्त करके अपनी विद्युत् मशीन-द्वारा उसे तीव्र गति

प्रदान की थी ताकि वह परमाणु विघटनके लिए परमाणुके भीतर घुसकर नाभिकतक पहुँच सकें।

इन्हीं दिनों अमेरिकामें प्रिन्सटन युनिवर्सिटीकी प्रयोगशालामें प्रोफेसर वान डी-ग्राफ घर्षणके सिद्धान्तपर ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत् उत्पन्न करनेका प्रयत्न कर रहे थे। पहले आपने लगभग १०० डालर-के खर्चसे एक छोटी-सी मशीन तैयार की, बादमें आप कैलिफो-र्नियाके मैसाचुएटस इन्स्टीच्यूट आव टेक्नालाजीमें चले गये और वहीं आपने एक बृहत्काय मशीनका निर्माण किया। इस ढंगकी मशीनको वान-डी ग्राफ जनरेटरका नाम दिया गया। इस मशीनकी ऊँचाई ४३ फीट थी तथा इसके सिरेपर धातुके दो बृहत्काय गोले लगे थे जिनका व्यास १५ फीट था। इसलिए प्रयोगशालामें यह मशीन खड़ी न की जा सकी। इसके लिए जैपलिन वायुयानका एक लम्बा-चौड़ा तथा ऊँचा शेड इस्तेमाल किया गया। इस शेडकी लम्बाई १४० फीट, चौड़ाई ७५ फीट तथा ऊँचाई ७५ फीट थी। तदुपरान्त इस मशीनको रेलकी पटरियोंपर खिसकाते हुए कैलि-फोर्नियाके मैसाचुएट्स इन्स्टीच्यूट-आव टेक्नालाजीमें ले जाया गया जहाँ इसके रखनेके लिए एक ऊँची इमारत अलगसे बनायी गयी। इस दानव आकारकी मशीनसे २० लाख वोल्टकी बिजली-उत्पन्न की जा सकती है।

इन दोनों ही प्रकारके विद्युतयंत्रमें विद्युतकणोंको गति प्रदान करनेके निमित्त उन्हें काँचकी चौड़ी नलीमें बन्द करना पड़ता है, और इसके पूर्व नलीमेंसे सारी हवाको वैकुअम पम्प द्वारा बाहर निकालना होता है। ऊँचे वोल्टेजकी विद्युतका प्रवाह इस नलीके अन्दरसे करानेमें अनेक अड़चनोंका भी सामना करना पड़ता है। उदाहरणके लिए यदि नलीका काँच उत्तम श्रेणीका न हुआ तो इसकी दीवारको भेदकर विद्युत् बाहर निकल सकती है, और इस प्रकार प्रयोग ही चौपट हो जाता है।

तदुरान्त वैज्ञाकिकोंने इस बातकी जरूरत महसूस की कि और भी ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत्का प्रयोग परमाणु विघटनके लिए किया जाय। उपर्युक्त दोनों यन्त्र इतने ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत् उत्पन्न करनेमें असमर्थ थे। अतः एक सर्वथा नवीन ढंगके विद्युत्-यन्त्रका निर्माण किया गया। इसे 'साइक्लोट्रान' का नाम दिया गया है। इस शक्तिशाली यन्त्रके निर्माणका श्रेय कैलिफोर्निया विश्वविद्यालयके प्रसिद्ध वैज्ञानिक अर्नेस्ट लारेन्सको प्राप्त है। इस यन्त्रके महत्त्वको आप इस बातसे ही आँक सकते हैं कि इसके निर्माणके उपलक्ष्यमें आपको १९४० में विज्ञानका सर्वश्रेष्ठ नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया था। इस यन्त्रकी सबसे बड़ी खूबी यह है कि इसके परिचालनके लिए बहुत ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत्की जरूरत नहीं पड़ती। प्रथम दोनों ढंगकी विद्युत् मशीनोंमें लाखों वोल्टकी बिजलीका इस्तेमाल करना पड़ता था और इस कारण उनके परिचालनमें बड़ी दिक्कत होती है। जैसे स्विच खोलने बन्द करनेके लिए ही हद दर्जेकी सावधानी बरतनी पड़ती है अन्यथा स्विचमें चिनगारियाँ उत्पन्न होकर स्विच खोलनेवालेको ही क्षणभरमें भस्म कर सकती हैं।

यद्यपि प्रथम साइक्लोट्रान लारेन्सने १९२९ में ही तैयार कर लिया था, किन्तु परमाणु विज्ञानके क्षेत्रमें कुछ वर्षों बाद ही इस अद्भुत यन्त्रके वास्तविक महत्त्वको वैज्ञानिक पहचान पाये।

साइक्लोट्रानका मुख्य भाग बन्द गोल डिब्बेकी तरह होता है। इसकी शक्ल बहुत-कुछ फेल्ट टोपियोंके रखनेवाले डिब्बोंकी तरह होती है। इस डिब्बेको शक्तिशाली चुम्बकके सिरोंकी बीचकी जगहमें रखते हैं। इस डिब्बेके अन्दर दो अर्द्धवृत्ताकार धातुके खाने बने होते हैं जिनका आकार अंग्रेजीके अक्षर D से मिलता-जुलता है। अतः इन्हें 'डी' के नामसे पुकारते हैं। इनके बीच थोड़ी-सी जगह खाली रहती है। ये दोनों ही ए.सी.विद्युत्के यन्त्रसे

सम्बद्ध होते हैं। डिब्बेके अन्दरसे हवाको वैकुअम पम्प द्वारा बाहर निकालकर उसमें यदि अल्फाकणोंकी जरूरत हुई तो हीलियम गैसको (विद्युन्मय) प्रविष्ट कराते हैं और यदि प्रोटान कणोंकी जरूरत हुई तो विद्युन्मय हाइड्रोजन गैसको प्रविष्ट कराते हैं। अब तीव्र गतिसे दिशा बदलनेवाली ए. सी. विद्युतका स्विच दबा देते हैं। फलस्वरूप दोनों डीके दर्मियान एक शक्तिशाली विद्युत-क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है और जब एक डीके भीतरसे निकलकर दूसरे डीमें प्रोटानकण प्रवेश करता है तो यह विद्युत क्षेत्र उसकी रफ्तारको हर बार बढ़ा देता है। वैसे तो इन विद्युतकणोंका मार्ग सीधी रेखामें होना चाहिये किन्तु चुम्बकीय प्रभावके कारण ये वृत्ताकार परिधिमें चक्कर काटने लग जाते हैं। इसलिए बार-बार एक डीके अन्दरसे निकलकर ये दूसरे डीमें प्रवेश करते हैं; हर बार विद्युत् क्षेत्रकी शक्ति इन्हें मानो ठोकर देकर इनकी रफ्तारको बढ़ा देती है। ए. सी. विद्युतकी दिशा बदलनेकी रफ्तार इस ढंगसे साधी जाती है कि जब प्रोटानकण एक डीके अन्दरसे निकलकर दूसरे डीकी ओर जाने लगते हैं ठीक तभी ए. सी. विद्युत् भी अपनी दिशा बदल देती है। इस प्रकार जब-जब ये कण दोनों डीके बीचवाली जगहसे गुजरते हैं तभी इन्हें अनुकूल विद्युत् क्षेत्र मिलता है जो हर बार उनकी गतिको बढ़ाता है। गतिके बदलनेके साथ-साथ इन विद्युतकणोंकी परिभ्रमण-परिधिका व्यास भी उत्तरोत्तर बढ़ता जाता है। धीरे-धीरे ये 'डी' के किनारोंकी तरफ अग्रसर होने लगते हैं, अन्तमें ये 'डी'की पीठकी तरफ बने हुए सूराखमेंसे निकलकर डिब्बेके अन्दर ही अपने लक्ष्यसे जा टकराते हैं। इस वक्त इनकी रफ्तार बहुत ही तेज होती है, अतः परमाणु विघटनमें ये विशेष रूपसे सफल होते हैं।

लारेन्सका सर्वप्रथम साइक्लोट्रान आकारमें छोटा था—इसे साइक्लोट्रानका पाकेट-माडल कह सकते हैं। किन्तु इसकी

उपयोगिता और सफलताको देखकर लारेन्स इतने प्रभावित हुए कि उन्होंने एक बृहत्काय साइक्लोट्रानके निर्माणकी योजना बनायी। बृहत्काय साइक्लोट्रानके लिए बहुत बड़े चुम्बककी आवश्यकता होती है। कैलिफोर्नियाके मैसाचुएट्स इन्स्टीच्यूट आव टेक्नालाजीमें लारेन्सका ही तैयार किया हुआ साइक्लोट्रान परमाणु अनुसन्धानोंके लिए इन दिनों इस्तेमाल किया जा रहा है। इसके 'डी'का व्यास ६० इञ्च है, तथा इसमें लगे हुए चुम्बकका वजन २२० टन है! इस साइक्लोट्रानके अन्दरसे भारी हाईड्रोजनके नाभिक-डायट्रान एक करोड़ साठ अरब वोल्टकी शक्तिसे बाहर निकलते हैं। इस यन्त्रके 'डी' की ए० सी० विद्युतकी दिशा प्रति सेकण्ड एक करोड़ २० लाख बार बदलनी पड़ती है। यह एक दुस्तर कार्य है और इसे सम्पादित करनेके लिए अत्यन्त ही शक्तिशाली रेडियो ट्रान्समिटरका उपयोग अनिवार्य हो जाता है।

बड़े आकारके साइक्लोट्रानके ढक्कनका वजन भी कुछ कम नहीं होता। ऊपरका ढक्कन हटानेके लिए क्रेनका इस्तेमाल करना पड़ता है। ढक्कनको डिब्बेपर रखकर उसे बन्द करनेके पहले मोटे रबड़का वाशर लगाते हैं अन्यथा वैकुअम उत्पन्न करते समय डिब्बेमें हवा प्रवेश कर सकती है।

डिब्बेके ठीक बीचमें पेंदेके पास एक पतले तारमें हल्की विद्युत् धाराका प्रवाह कराते हैं। तारके गर्म हो जाने पर इनमेंसे एलेक्ट्रानकण निकलते हैं, ठीक इसी वक्त डिब्बेमें एक छिद्रके रास्ते भारी हाइड्रोजन गैस प्रविष्ट करायी जाती है। डिब्बेमें मौजूद एलेक्ट्रान कण 'डी' के विद्युत् क्षेत्रके प्रभावसे तेज रफ्तार पकड़ लेते हैं और ये ही भारी हाइड्रोजन परमाणुसे टकराकर उसके बाह्य एलेक्ट्रानकणको धक्का देकर अपने आघातके जोरसे उसे अलग कर देते हैं। अब भारी हाइड्रोजनके परमाणुके नाभिक-डायट्रान पृथक् हो जाते हैं। जैसा कि ऊपर बताया जा

चुका है ये डायट्रान दोनों 'डी'के बीच बार-बार चक्कर लगाकर तीव्र गति प्राप्त करते हैं और अन्तमें 'डी'के किनारेकी कटी हुई झिरीमेंसे बाहर निकल कर अपने लक्ष्यसे जा टकराते हैं।

साइक्लोट्रानका परिचालन करते समय वैज्ञानिकको अदृश्य किरणोंके प्रति भी अत्यन्त सतर्क रहना पड़ता है। एक्स-रे और रेडियम सम्बन्धी अनुसन्धानोंके प्रारम्भिक दिनोंमें कितने ही वैज्ञानिकोंके शरीरकी त्वचाएँ अदृश्य किरणोंके प्रभावसे जल गयीं, कितनोंके शरीरपर व्रण उत्पन्न हो गये। अतः साइक्लोट्रानपर काम करनेवाले वैज्ञानिकोंने पहलेसे ही इस पहलूपर विचार कर लिया था। यन्त्रके 'डी' साधारणतः ताँबेके बने होते हैं और इनके बीचमें उत्पन्न हुए डायट्रान अकसर अपने मार्गसे बहककर ताँबेकी दीवारोंसे जा टकराते हैं, फलस्वरूप तीव्र न्यूट्रानकणोंकी बौछार इनके अन्दरसे निकलती है जिसकी वेधनशक्ति, हम देख चुके हैं, अत्यन्त ही प्रबल होती है। यह भी हम देख चुके हैं कि न्यूट्रानकणको रोकने और अपनेमें जज्ब करनेकी सामर्थ्य सीसे आदि धातुओंकी अपेक्षा पानीमें अधिक होती है। अतएव साइक्लोट्रानको दुहरी दीवारवाली पानीकी टंकीसे चारों ओरसे घेर रखते हैं। दोनों दीवारोंके बीचकी मोटाई लगभग तीन फुट होती है जिसमें पानी भरा रहता है। साधारणतः ३ फुट पानीकी मोटाईको न्यूट्रानकण भेदनेमें असमर्थ रहते हैं। फिर भी यह सम्भावना बाकी रहती है कि इक्के-दुक्के न्यूट्रनकण टंकीको भी भेदकर बाहर निकल आयें। इसलिए साइक्लोट्रानका परिचालन करनेवाला वैज्ञानिक ४०-५० फीटकी दूरीसे एक दूसरे कमरेमें बैठकर विद्युत् स्विच द्वारा इस यन्त्रका परिचालन करता है। साइक्लोट्रान-प्रयोगशालाका डाइरेक्टर इतनेपर भी निश्चिन्त नहीं हो जाता। बल्कि अपनी प्रयोगशालामें काम करनेवाले वैज्ञानिकोंके रुधिरकी परीक्षा हर महीने वह विशेषज्ञों द्वारा यह

देखनेके लिए कराता है कि उनके रुधिरमें लाल कोषोंकी संख्यामें कमी तो नहीं हो रही है। क्योंकि न्यूट्रानकणोंकी बौछार यदि शरीरपर पड़ती है तो रुधिरके लाल कोषोंका निर्माण रुक जाता है और शीघ्र ही उस व्यक्तिको रुधिरकी कमी (अनीमिया) का रोग धर दबाता है।

सहज ही साइक्लोट्रानको परमाणु विघटनके यन्त्रोंमें सर्वश्रेष्ठ स्थान प्राप्त है। क्योंकि जितनी अधिक शक्ति यह विद्युतकणोंको दे पाता है उतनी अन्य कोई मशीन नहीं दे पाती। और परमाणु विघटनकी समर्थता विद्युतकणोंकी शक्तिपर ही निर्भर करती है। शक्ति जरा-सा बढ़ा देनेपर इन विद्युतकणोंकी परमाणु विघटनकी सामर्थ्य अत्यधिक रूपसे बढ़ जाती है। उदाहरणके लिए डायट्रान द्वारा प्लैटिनमके परमाणु विघटनमें यदि डायट्रानकी शक्ति ५५ लाख वोल्टसे बढ़ाकर ८० लाख वोल्ट कर दी जाय, तो विघटित होनेवाले प्लैटिनम परमाणुओंकी संख्यामें सौ गुना वृद्धि हो जाती है! परमाणु सम्बन्धी सभी प्रयोगशालाओंके लिए साइक्लोट्रान यन्त्र अनिवार्य समझा जाता है। संसारमें कुल लगभग १५० साइक्लोट्रान विभिन्न प्रयोगशालाओंमें प्रयुक्त हो रहे हैं। किन्तु हमारे देशमें केवल एक ही साइक्लोट्रान है जो कलकत्ता यूनिवर्सिटीमें डा० मेघनाद साहाके प्रयत्न से स्थापित किया गया है।

केम्ब्रिज प्रयोगशालामें एक दिन एक सभ्य महिला साइक्लोट्रान यन्त्र देखनेके लिए गयी। इस विशालकाय यन्त्रके कलपुर्जोंको देखकर वह आश्चर्यचकित-सी रह गयीं। डाइरेक्टर जब उसे यन्त्रकी क्रिया समझा चुके तो ठण्डी साँस लेकर उसने कहा 'अब मैं समझी, आप लोग परमाणुको इसके अन्दर प्रविष्ट कराकर उसे बार-बार इतना अधिक घुमाते हैं कि अन्तमें चक्कर खाकर नाउम्मेदीके कारण वह स्वयं ही टूट जाता है!'

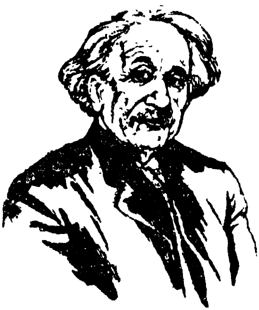
७

आइन्सटाइनकी भविष्यवाणी-शक्तिसृजनका रहस्योद्घाटन

हम देख चुके हैं कि विभिन्न मूल तत्त्वोंके परमाणु नाभिक प्रोटानकण तथा न्यूट्रानकणोंके परस्पर एकत्र होनेसे बने हैं। भारी वजनके तत्त्वोंके नाभिकमें इनकी संख्या सैकड़ोंतक पहुँच जाती है और विद्युतके साधारण सिद्धान्तके अनुसार प्रोटान धन-कणोंमें परस्पर प्रतिकर्षण होना चाहिये। अब प्रश्न उठता है कि बावजूद इस प्रतिकर्षण-बलके नाभिकके प्रोटानकण एक जगह इकट्ठे कैसे जमे रहते हैं? वास्तवमें इस प्रतिकर्षण-बलके कारण तो नाभिकके कणोंको तुरन्त ही बिखर जाना चाहिये। अवश्य कोई ऐसी शक्ति नाभिकमें मौजूद है जो इसके अवयवोंको बड़ी दृढ़ताके साथ बाँधे रखती है; इतनी दृढ़ताके साथ, कि नाभिकके अवयवोंको अलग करनेके लिए हमें साइक्लोट्रान-सरीखे शक्तिशाली यन्त्रोंकी मदद लेनी पड़ती है।

तो फिर यह शक्ति आयी कहाँसे? सौभाग्यवश इस प्रश्नका उत्तर लगभग ५० पूर्व स्वर्गीय वैज्ञानिक डॉक्टर आइन्सटाइन अपनी भविष्यवाणी द्वारा हमें दे चुके थे। १९०५ ई० में आन्इसटाइनने—जब कि वे एक निरे क्लर्कके पदपर काम कर रहे थे, सापेक्षवादका सिद्धान्त तत्कालीन वैज्ञानिकोंके सम्मुख रखा। इस महत्त्वपूर्ण अनुसन्धानने एक ही रातमें आइन्सटाइनकी प्रसिद्धिको सारे संसारमें फैला दिया। इसी वर्ष आइन्सटाइनने केवल सैद्धान्तिक आधारपर एक और खोज की। आपने पहली बार वैज्ञानिकोंके सम्मुख यह बात रखी कि पदार्थकी मात्रा हर दशामें एक-सी ही नहीं बनी रहती, बल्कि विशेष दशाओंमें पदार्थ पूर्णतया विलुप्त होकर शक्तिका रूप धारण कर लेता है तथा

शक्ति भी पदार्थके रूपमें परिणत हो सकती है। उसने तो सूत्र द्वारा यह भी बताया कि पदार्थकी एक नियत मात्रा यदि शक्तिमें परिणत हो तो उससे कितनी शक्ति लभ्य होगी। इस सूत्रके अनुसार रत्तीभर पदार्थके रूप-परिवर्तनसे शक्तिकी अतुल राशि उत्पन्न होती है। हिसाब लगाकर उसने बताया कि यदि एक ग्राम पदार्थको पूर्णतया शक्तिमें परिवर्तित कर सकें तो हमें उतनी शक्ति प्राप्त होगी जितनी २५०० टन कोयलेको जलानेपर साधारणतः हमें मिलती है और इतने कोयलेकी मददसे बड़ेसे बड़ा जहाज अटलाण्टिक महासागरको पार करके आ-जा सकता है![1] सम्भवतः आप कहेंगे कि लकड़ीको जलानेकी क्रियामें भी तो लकड़ीका नाश हो जाता है और तब हमें गर्मीके रूपमें शक्ति मिलती है। किन्तु सूक्ष्मतासे देखनेपर पता चलेगा



एक तोला पदार्थ के विलुप्त होने से प्राप्त शक्ति



२५०० टन कोयले के जलने से प्राप्त शक्ति

कि लकड़ीके अन्दर पदार्थकी जितना मात्रा है उसमें कुछ अन्तर नहीं आने पाता, केवल उसका बाह्य रूप ही बदल जाता है। लकड़ीके अन्दरका पदार्थ वाष्प, धुआँ तथा राखमें परिणत हो जाता है। अतः जलनेके पश्चात् लकड़ीसे प्राप्त पदार्थकी

[1] आइन्सटाइनके सूत्रके अनुसार यदि 'क' ग्राम पदार्थ शक्तिमें परिणत होता है, तो उस क्रियासे उत्पन्न हुई शक्ति=क×३० अरब×३० अरब अर्ग (ergs)।

मात्रा उतनी ही बनी रहती है जितनी पहले थी। सच तो यह है कि किसी भी क्रियामें चाहे वह रासायनिक हो या भौतिक, अबतक यही देखा गया था कि पदार्थकी सम्पूर्ण मात्रा ज्योंकी त्यों बनी रहती है, केवल उसका रूप बदल जाता है। इसी निरीक्षणके आधारपर पदार्थके अविनाशत्वके सिद्धान्तको रसायन विज्ञानने अबतक अपना रखा था। इसमें भी सन्देह नहीं कि साधारण ढंगकी क्रियाओंमें यह नियम अनिवार्यतः लागू होता है। रसायनविज्ञानका प्रारम्भिक अध्ययन करते समय प्रत्येक विद्यार्थीको पदार्थके अविनाशत्वके सिद्धान्तका मनन करना होता है।

रसायनज्ञोंके मस्तिष्कमें पदार्थके अविनाशत्वका सिद्धान्त इतनी गहराईतक पैठ गया था कि आइन्सटाइनके इस नवीन अनुसन्धानके फलमें विश्वास करनेके लिए वे जल्दी राजी न हुए। किन्तु आइन्सटाइनके सुप्रसिद्ध सापेक्षवादके आधारभूत तथ्योंमें इस नवीन निष्कर्षका प्रमुख स्थान था। आखिर १९३२ में साइक्लोट्रानके परमाणु विभंजनके प्रयोगों द्वारा आइन्सटाइनकी उक्त भविष्यवाणीका समर्थन प्राप्त हुआ, पूरे २७ वर्ष बाद। आइन्सटाइनकी विद्वत्ताका इससे बढ़िया प्रमाण और क्या हो सकता है?

सर्वप्रथम काक्राफ्ट और वाल्टनने आइन्सटाइनके पदार्थ और शक्तिके इस पारस्परिक सम्बन्धका समर्थन अपने प्रयोगद्वारा किया। उन्होंने लीथियम परमाणुका प्रोटानकणों द्वारा विघटन किया तो पाया कि प्रोटानकणके आघातके फलस्वरूप लीथियम परमाणु-नाभिक दो अल्फाकणोंमें विभक्त हो जाता है, साथ ही ढेर-सी शक्ति भी इस क्रियामें विमुक्त होती है।

हम पहले कह आये हैं कि प्रोटानकणके भारको इकाई मानकर अन्य परमाणुकेन्द्रों तथा क्षुद्र कणोंका भार अंकोंमें व्यक्त

किया जाता रहा है। किन्तु बादमें आक्सीजनके परमाणुका भार १६ माना गया और इसकी तुलनामें अन्य कणोंका वजन यदि निकाला जाय तो प्रोटानकणका वजन १·००७८ निकलता है, तथा अल्फाकणका वजन ४·००२२ निकलता है। लीथियमके नाभिकका वजन ७·०१४६ है। अब काक्राफ्ट और वाल्टनके प्रयोगकी जाँच हम वजनके लिहाजसे कर सकते हैं।

मुख्य प्रतिक्रिया निम्नलिखित प्रकार होती है—

एक प्रोटानकण + एक लीथियम नाभिक = दो अल्फाकण।

अब वजनका हिसाब लगानेपर हम देखते हैं कि—

$$१·००७८ + ७·०१४६ = २ \times ४·००२२$$

समीकरणकी बायीं ओरका वजन ८·०२२४ ठहरता है और दाहिनी ओरका वजन केवल ०·०१८० है। तो फिर इस क्रियामें पदार्थकी एक नन्हीं-सी मात्रा (वजन ०·१८०) का पता नहीं। अवश्य ही इतना पदार्थ विलुप्त हो गया—किन्तु यह गया कहाँ? इस प्रश्नका समाधान आइन्सटाइनके उपर्युक्त सिद्धान्त द्वारा होता है कि इतना पदार्थ शक्तिके रूपमें परिणत हो गया। काक्राफ्ट और वाल्टनके प्रयोगमें यही शक्ति मुक्त हुई थी। हिसाब लगानेपर पता चलता है कि प्रयोगमें मुक्त हुई शक्ति तथा विलुप्त हुए पदार्थकी मात्रामें वही अनुपात है जो आइन्सटाइनने अपने सूत्रमें दिया था।

एक और उदाहरण लीजिये, न्यूट्रानकणका वजन इस नये पैमानेपर १·००९ निकलता है। भारी हाइड्रोजनका नाभिक 'डायट्रान' एक प्रोटान और एक न्यूट्रानके मिलनेसे बना है। अतः डायट्रानका वजन (१·००९ + १·००७८) = २·०१६८ निकलना चाहिये, किन्तु वास्तवमें इसका वजन २·०१४२ है। यहाँपर भी पदार्थकी सम्पूर्ण मात्रामें कुछ क्षति हुई। अवश्य ही इन दोनों कणोंके परस्पर संयोगकी क्रियामें इसी मात्राकी समतुल्य शक्ति

विमुक्त हुई होगी। यदि डायट्रानको पुनः प्रोटान और न्यूट्रानमें हम विभक्त करना चाहें तो हमें उतनी ही शक्ति डायट्रानको पुनः देनी होगी। यह शक्ति पदार्थकी मात्रामें तबदील होगी तभी २·०१४२ के वजनवाले डायट्रानसे हमें ये दो पृथक् कण प्राप्त होंगे जिनका सम्मिलित वजन २·०१६८ होगा।

जिस नाभिकके निर्माणमें पदार्थकी मात्राकी क्षति अधिक होगी वह पिण्ड उतना ही अधिक दृढ़ होगा और उसका विघटन उतना ही अधिक मुश्किल होगा। क्योंकि उसे उसके अवयवोंमें विभाजित करनेके लिए हमें उतनी ही अधिक शक्ति उसे प्रदान करनी पड़ेगी। अल्फाकणको लीजिये, इसमें दो प्रोटानकण और दो न्यूट्रानकण होते हैं। अतः इसके अवयवोंका कुल वजन ४·०३३६ होना चाहिये, किन्तु वास्तवमें अल्फाकणका वजन केवल ४·००२२ है। यहाँपर अपेक्षाकृत अधिक मात्राके पदार्थकी क्षति हुई है। इसलिए इन अवयवोंको अल्फाकणमें बाँधनेवाली शक्ति भी बहुत अधिक है। इसी कारण परमाणु सम्बन्धी अनुसन्धानके प्रयोगोंमें अल्फाकण स्वयं एक दृढ़ पिण्डके रूपमें बने रहते हैं—ये जल्दी टूटते नहीं हैं।

संक्षेपमें आइन्स्टाइनकी उक्त भविष्यवाणीके अनुसार हम देखते हैं कि जब क्षुद्र कणों द्वारा भारी तत्त्वोंके परमाणु नाभिकोंका निर्माण होता है तो उनके वजनका एक अंश शक्तिके रूपमें परिणत होकर विमुक्त हो जाता है। यही शक्ति मानो उन अवयवोंको बाँधे रखती है। इस नाभिकको पुनः उन अवयवोंमें विभक्त करनेके लिए उतनी ही शक्ति हमें फिर लगानी पड़ती है।

ज्योतिर्विद् बताते हैं कि सूर्य्य प्रतिक्षण विश्वको जो अतुल शक्ति-राशि देता रहता है उसके पीछे भी यही सिद्धान्त काम करता है। सूर्यके पिण्डमें प्रोटानकणोंके संयोगसे अल्फाकणोंका निर्माण होता है और इस क्रियामें पदार्थकी जो क्षति होती है

वही शक्तिके रूपमें विमुक्त होती है।

परमाणु बमके विस्फोटके फलस्वरूप शक्तिकी अतुल राशि विमुक्त होती है। इस क्रियामें भी युरैनियम परमाणुके पदार्थका एक अंश शक्तिका रूप धारण करता है अन्यथा इतनी अधिक शक्ति इस क्रियामें हमें लभ्य न हो पाती। सन् १९३३ में आइन्सटाइनके इस सिद्धान्तकी पुष्टि कस्मिक रश्मियोंके सिलसिलेमें किये गये अनुसन्धानों द्वारा भी हुई। इन दिनों डा० कार्ल-डी-एण्डर्सन कैलिफोर्निया इन्स्टीच्यूट आव टेक्नलाजीमें कस्मिक रश्मियोंपर अनुसन्धान कर रहे थे। इस सिलसिलेमें आपने एक ऐसे विद्युत्कणका वजूद पाया जिसका वजन ठीक एलेक्ट्रानकणके भारके बराबर होता है तथा इसका विद्युत् आवेश भी एलेक्ट्रानकणके आवेशके बराबर है; केवल इसकी जाति भिन्न है—ऋण जातिकी न होकर इसकी बिजली धन-जातिकी है। दूसरे शब्दोंमें हम कह सकते हैं कि यह कण एलेक्ट्रानकणका जुड़वा भाई है। इसे पाजिट्रानका नाम दिया गया।

बादमें मालूम किया जा सका कि विशेष परिस्थितियोंमें गामा रश्मियाँ (शक्ति) अपना रूप बदलकर पदार्थमें परिणत हो सकती हैं। इस क्रियामें ये दोनों जुड़वा भाई उत्पन्न होते हैं—एलेक्ट्रान तथा पाजिट्रान। इसकी विलोम क्रिया भी प्रतिपादित की जा सकती है। पाजिट्रान तथा एलेक्ट्रान संयोग करके एक-दूसरेको अपनेमें आत्मसात् कर लेते हैं—और इस प्रकार वे विलुप्त होकर शक्तिमें परिणत हो जाते हैं।

परमाणु विघटनके प्रयोगोंमें भी बाह्य कणोंके आघातसे परमाणुओंके केन्द्रपिण्ड अपनेमेंसे पाजिट्रान विसर्जित करते हैं। उदाहरणके लिए १९३४ में अल्यूमिनियम पत्रपर तीव्र अल्फाकणोंकी बौछार इरीनक्यूरी और उनके पति जोलियोने डाली तो देखा कि अल्यूमिनियममेंसे पाजिट्रानकण निकले। किन्तु उनके आश्चर्यकी

सीमा न रही जब उन्हें मालूम हुआ कि अल्फाकणोंकी बौछार बन्द कर देनेके बाद भी उस अल्यूमिनियम पत्रसे पाजिट्रानका निकलना जारी रहा—ठीक उसी प्रकार जिस प्रकार रेडियो धर्मी पदार्थोंसे विद्युत् कण विसर्जित होते रहते हैं। क्यूरी दम्पत्तिने साधारण तत्त्वको अपने प्रयोग द्वारा रेडियो धर्मी बना दिया। अतः इस ढंगकी क्रिया को 'कृत्रिम रेडियो धर्मिता' का नाम दिया गया। बाह्य कणोंकी मददसे साधारण पदार्थके परमाणु नाभिकको रेडियो धर्मी बनानेका यह सर्वप्रथम दृष्टान्त था।

क्यूरीके प्रयोगने अनेक समस्याएँ परमाणु विज्ञानके क्षेत्रमें खड़ी कर दीं। प्रश्न उठा कि रेडियो धर्मिताका उद्गमस्थान परमाणुका नाभिक है और नाभिकमें केवल प्रोटान तथा न्यूट्रान-कण होते हैं, फिर कृत्रिम रूपसे रेडियो धर्मी बनाये जानेपर पाजि-ट्रान कण जो विसर्जित होते हैं—वे कहाँसे आये ? ठीक इसीके समकक्ष एक और प्रश्न उठा था जिसका उत्तर परमाणु-वैज्ञानिक अबतक प्राप्त न कर पाये थे। वह यह कि अनेक रेडियो धर्मी पदार्थोंमेंसे एलेक्ट्रान कण विसर्जित होते हैं और रेडियो धर्मिताकी क्रियाके लिए नाभिक ही उत्तरदायी है, किन्तु नाभिक एलेक्ट्रानकण मौजूद नहीं होते, फिर ये कण आये कहाँसे ?

पाजिट्रान कणोंके अस्तित्वने इन दोनों ही प्रश्नोंका समुचित रूपसे समाधान किया। क्योंकि शीघ्र ही यह प्रमाणित किया जा सका कि परमाणु विघटनकी क्रियामें प्रोटानकणका न्यूट्रान कणमें परिवर्तित होना सम्भव है तथा न्यूट्रान भी प्रोटानमें तबदील हो सकते हैं। जब प्रोटान न्यूट्रानमें परिवर्तित होता है तो इस क्रियामें एक पाजिट्रानकण उत्पन्न होकर बाहर निकलता है। और जब न्यूट्रान तबदील होकर प्रोटानका रूप धारण करता है तो एक एलेक्ट्रानका सृजन होता है जो बाहर निकल आता है।

८

यूरेनियम परमाणुका विखण्डन

पिछले परिच्छेदमें हम देख चुके हैं कि परमाणु-विघटनके प्रयोगोंके सिलसिलेमें पदार्थोंको कृत्रिम रूपसे रेडियो धर्मी बनानेका गुर १९३४ में क्यूरी दम्पतिने मालूम किया। तत्काल ही अन्य तत्त्वोंके सम्बन्धमें भी अनुसन्धान किये जाने लगे, यह देखनेके लिए कि उन्हें भी रेडियो धर्मी बनाया जा सकता है या नहीं। इस क्षेत्रमें इटलीके वैज्ञानिक एनरिको फर्मीका नाम विशेष रूपसे उल्लेखनीय है। आपने न्यूट्रानकणोंकी बौछारसे दर्जनों तत्त्वोंमें रेडियो धर्मिताके गुणका समावेश किया। न्यूट्रान उत्पन्न करनेके लिए आपने रेडानगैस और बेरिलियम पाउडरको चुना था। रेडानगैससे विसर्जित होनेवाले तीव्र अल्फाकण बेरिलियमके पाउडरसे टकराकर उसमेंसे न्यूट्रानकण उत्पन्न करते हैं जो निकट रखे हुए तत्त्वके परमाणुके नाभिकोंमें प्रवेश कर उन्हें कृत्रिम ढंगसे रेडियो धर्मी बना देते हैं। फर्मीने यह भी दिखाया कि न्यूट्रानकणोंकी बौछार डालकर किसी भी तत्त्वको आसानीसे रेडियो धर्मी बनाया जा सकता है। न्यूट्रानकणोंकी इस सफलताके पीछे निश्चय ही उनका विद्युत् रहित होना है क्योंकि इसी कारण वे नाभिकमें प्रविष्ट होनेमें विशेष समर्थ हो पाते हैं।

कुछ ही दिनों उपरान्त फर्मीने न्यूट्रानकणके बारेमें एक अद्भुत् गुणका पता लगाया। उसने प्रयोग द्वारा यह दिखलाया कि यदि न्यूट्रानकणोंको लक्ष्यसे टकरानेके पूर्व हम हाइड्रोजन-

इटली के सुविख्यात परमाणु वैज्ञानिक डा० एनरिच फेर्मी



परमाणुक्षेत्रमें किये गये अनुसन्धानोंके लिए आपको १९३८ में नोबेल पुरस्कार मिला था। १९३९ में आप इटलीसे संयुक्तराष्ट्र अमेरिका चले गये क्योंकि आपके ही शब्दोंसे आपको अपने अनुसन्धानके लिए "जनतन्त्रात्मक" वातावरणकी जरूरत थी। आपने भी परमाणुबमके निर्माणमें सक्रिय सहयोग दिया था।

वाले पदार्थ जैसे मोम, पानी, आदिमेंसे गुजारें तो अवश्य ही इसकी रफ्तार कम हो जाती है। अब ये ही मन्दगामी न्यूट्रान-कण लक्ष्यसे टकरानेपर उनके नाभिकका विघटन अधिक सफलता-पूर्वक कर लेते हैं।

फलस्वरूप कृत्रिम रेडियो धर्मिता उकसानेके निमित्त भी ये मन्दगामी न्यूट्रान विशेष कारामद साबित होते हैं। यह खोज निसन्देह बड़े महत्त्वकी थी। अबतक धन-विद्युत्‌वाले कणोंको अधिकसे अधिक शक्ति प्रदान करके उनकी गति बढ़ानेके लिए हर तरहसे कोशिश की जा रही थी ताकि ये नाभिकके धनात्मक विद्युत्‌के प्रतिकर्षण-बलपर हावी होकर उससे टकरा सकें। किन्तु मन्दगामी न्यूट्रानकण, ऐसा प्रतीत होता है, तत्त्वके परमाणुओंमें घुसनेपर आसानीके साथ उनके नाभिकके अन्दर पहुँच जाते हैं। यदि इनकी रफ्तार तेज हुई तो इस बातकी सम्भावना उत्पन्न हो जाती है कि ये कण नाभिकोंको स्पर्श किये बिना ही बे-लौस आगे निकल जायँ।

१९३६ में फर्मीने मन्दगामी न्यूट्रानकणोंकी मददसे सबसे भारी तत्त्व यूरैनियमके परमाणुओंको भी विघटन करनेका प्रयत्न किया। साधारण अवस्थामें यूरैनियम जो एक रेडियो धर्मी पदार्थ है, अल्फाकण अपनेमेंसे विसर्जित करता रहता है। किन्तु न्यूट्रानकी बौछारके उपरान्त इसके नाभिकमें एक न्यूट्रानकण प्रविष्ट कर जाता है और तब यह बीटा रश्मियाँ विसर्जित करने लगता है। प्रत्येक परमाणु नाभिकसे एक बीटाकण—(एलेक्ट्रान) बाहर निकलता है। अतः नाभिकके धनविद्युत् आवेशमें एककी वृद्धि हो जाती है साथ ही इसके परमाणुभारमें भी एककी वृद्धि हो जाती है। अतः हमें ९३वाँ तत्त्व प्राप्त होता है। फर्मी अपने इस प्रयोग द्वारा इस नये तत्त्वका निर्माण करनेमें सफल हुआ—यह नवीन तत्त्व स्वयं भी रेडियो धर्मी होता है और इसके

परमाणु विद्युत्कणोंको खोकर पुनः एक नवीन तत्त्वमें परिणत हो जाते हैं जिसके नाभिकका धनविद्युत् आवेश ९४ होता है—अतः ९४वें तत्त्वका भी निर्माण इसी शृंखलामें हुआ! यह ९३वाँ तत्त्व नेप्चूनियमके नामसे अब पुकारा जाने लगा है और ९४वाँ तत्त्व प्लूटोनियमके नामसे पुकारा जाता है। कहा जाता है कि रोम युनिवर्सिटीकी प्रयोगशालामें फर्मीने जब इन तत्त्वोंका निर्माण किया तो वह ९४वें तत्त्वके नामकरणके लिए सिग्नोर मुसोलिनीके पास यह पूछने गया कि क्या वह उसके नामपर इसे 'मुसोलिनम' का नाम दे सकता है। मुसोलिनीने उसकी प्रार्थनाको यह कहकर अस्वीकार कर दिया कि यह तत्त्व स्थायी नहीं है—रेडियो धर्मिता द्वारा यह विभंजित होता रहता है और वह नहीं चाहता कि उसका नाम किसी अस्थायी चीजसे सम्बद्ध किया जाय। बेचारे मुसोलिनीको स्वयं अपने भविष्यका कहाँ पता था?

यूरैनियमसे परे इन तत्त्वोंके नाम सौरमण्डलके वाह्य ग्रहोंके नामपर रखे गये हैं। सौरमण्डलका सबसे दूरका सदस्य प्लूटो है, अतः ९४वाँ तत्त्व प्लूटोनियम कहलाया, उससे निकट नैप्च्यून है, इसलिए ९३वें तत्त्वको नैप्च्यूनियमका नाम दिया गया है। प्लूटोनियमका परमाणुभार २३९ है और १९४४ में अमेरिकामें यह नवीन तत्त्व बृहत् परिमाणमें फैक्टरीके अन्दर तैयार भी किया गया, क्योंकि परमाणुबमके निर्माणमें प्लूटोनियमका इस्तेमाल हुआ है।

१९३८ में फ्रांसमें इरी क्यूरी तथा जोलियो फर्मीके प्रयोगके वास्तविक महत्त्वको समझनेके लिए यूरैनियम परमाणुओंपर न्यूट्रानकणोंकी बौछार डालनेका प्रयोग कर रहे थे। इन प्रयोगोंमें उन्हें कुछ सन्देह हुआ कि न्यूट्रानकणोंकी बौछारके आघातसे सम्भवतः यूरैनियम परमाणुओंमेंसे कुछ हल्के वजनवाले

तत्त्वोंके परमाणु निकलते हैं।

किन्तु ये लोग अपने प्रयोगके फलका पूर्णतया स्पष्टीकरण न कर पाये। कुछ महीनों उपरान्त जर्मनीमें बर्लिनके कैसर विल्हम इन्स्टीच्यूटके डाइरेक्टर आटोहॉनने इस प्रयोगको पुनः दुहराया तो आप निश्चित रूपसे यह प्रमाणित करनेमें समर्थ हुए कि यूरैनियम परमाणुको मन्दगामी न्यूट्रानकणोंकी बौछारसे आघात पहुंचानेपर जो क्रिया होती है उसके फलस्वरूप दो हल्के तत्त्व बैरियम और क्रिप्टनके परमाणु उत्पन्न होते हैं। स्मरण रहे कि यूरैनियम परमाणुका भार २३८ होता है, जब कि बैरियमका परमाणुभार केवल १२७ है तथा क्रिप्टनका परमाणुभार ८२ है। यह स्पष्ट है कि युरैनियम परमाणुमें एक न्यूट्रानकणके प्रविष्ट कर जानेपर युरैनियम परमाणुका भार २३९ हो गया जो बैरिलियम परमाणु तथा क्रिप्टनके सम्मिलित भारके बराबर है। अवश्य वजनका यह हिसाब मोटे तौरपर लगाया गया है। वास्तवमें इस विभाजनमें पदार्थकी एक क्षुद्र मात्राका क्षय हो जाता है जो अतुल शक्तिके रूपमें प्रकट होती है। तो यह मानना पड़ा कि इस क्रियामें युरैनियम नाभिक दो बड़े-बड़े टुकड़ोंमें खण्डित हो गया। परमाणु विभंजनके क्षेत्रमें यह अपने ढंगका अद्वितीय दृष्टान्त था। अभी-तक परमाणु विघटनके किसी भी प्रयोगमें ऐसा नहीं हो पाया था। अबतक जितने भी प्रयोग इस क्षेत्रमें किये गये थे उन सबमें विभाजित परमाणु नाभिकमें एकाध प्रोटानकण या न्यूट्रानकण प्रविष्ट करके उसमें बैठ जाता था। अतः इस क्रियाके फलस्वरूप उस परमाणुका वजन एकाध बढ़ जाता या उसके केन्द्रके धन-विद्युत आवेशमें एकाधकी वृद्धि हो जाती। कभी-कभी एकाध प्रोटान या न्यूट्रान नाभिकमेंसे बाहर भी निकल जाते हैं। किन्तु ऐसा कभी नहीं हुआ था कि परमाणु नाभिकको लगभग आधे-

आध काटकर उसे दो टुकड़ोंमें विभक्त कर दिया गया हो। अतः इस जर्मन वैज्ञानिकके अनुसन्धानने परमाणु वैज्ञानिकोंको अनुसन्धानकी एक नयी दिशाका दिग्दर्शन कराया। इस नये ढंगके परमाणु विघटनको परमाणु विखण्डन (फिशन) नाम दिया गया।

आटो हॉनके महत्त्वपूर्ण अनुसन्धानके रहस्योद्घाटनका श्रेय वास्तवमें वृद्ध जर्मन महिला वैज्ञानिक मिस मेतनेर तथा डा० फ्रिशको प्राप्त है। ये दोनों ही वैज्ञानिक कैसर विल्हम इन्स्टीच्यूटमें आटो हॉनके सहयोगीकी हैसियतसे अनुसन्धान-कार्यमें उनकी सहायता कर रहे थे। किन्तु यहूदी होनेके नाते हिटलरकी कोप-दृष्टि इनपर भी पड़ी और शीघ्र ही इन्हें जर्मनी छोड़कर अन्य देशोंकी शरण लेनी पड़ी। देश निकाला पाये हुए इन दो वैज्ञानिकोंने ही पहली बार लोगोंका ध्यान इस बातकी ओर आकृष्ट किया कि इस क्रियामें सबसे भारी तत्त्वके परमाणु, जिनमें नाभिक स्थित अवयवोंको बाँध रखनेवाली शक्ति सबसे कम होती है, औसत भारवाले तत्त्वोंके परमाणुओंमें परिणत होते हैं जिसके नाभिकके अवयवोंको बाँधनेवाली शक्ति सबसे अधिक होती है। अतः इस क्रियाके फलस्वरूप बहुत ही अधिक शक्ति भी मुक्त होती है। उन्होंने हिसाब लगाकर बताया कि आध सेर यूरेनियम परमाणुओंके विखण्डनसे लगभग उतनी ही शक्ति मुक्त होगी जितनी ढाई लाख मन कोयला जलानेसे।

डाक्टर फ्रिश तथा मेतनेरने अपने इस निष्कर्षकी सूचना तुरन्त केपिनहेगेनके प्रसिद्ध परमाणु वैज्ञानिक डा० नील्सबोरको दी। १६ जनवरी १९३९ को डा० बोर इस थ्योरीकी सम्भावनाओंके बारेमें उचित परामर्श लेनेके लिए अमेरिका गये। वहाँ प्रिन्सटन युनिवर्सिटीमें प्रोफेसर आइन्सटाइन (प्रसिद्ध जर्मन यहूदी वैज्ञानिक) से आप मिले और उनके साथ इस सम्बन्धमें विचार-विमर्श किया। इटलीके वैज्ञानिक डा० फर्मी भी मुसोलिनी-

र्मी यहूदी उत्पीड़न नीतिसे तंग आकर अमेरिका चले गये थे; क्योंकि डा० फर्मीकी पत्नी यहूदी हैं। इस विचार-विमर्शमें डा० फर्मीने भी भाग लिया। डा० फर्मीने यह सुझाव उन लोगोंके सम्मुख रखा कि सम्भवतः युरैनियमके परमाणु नाभिकका जब विखण्डन होता है तो इस क्रियामें ढेर-सी शक्तिके अतिरिक्त प्रत्येक परमाणु नाभिकसे एक या दो न्यूट्रानकण भी फूटकर तीव्र गतिसे बाहर निकलते हैं। इसका अर्थ यह हुआ कि यदि एक परमाणुका विखण्डन हुआ तो तुरन्त ही इससे विमुक्त हुए न्यूट्रानकण दूसरे परमाणुओंका विखण्डन करेंगे और इनसे निकलनेवाले न्यूट्रानकण अन्य परमाणुओंका विखण्डन करनेमें समर्थ होंगे। इस प्रकार युरैनियम परमाणुओंके विखण्डनकी एक शृंखला-सी बन जायगी—जिस प्रकार एक ही रस्सीमें बँधे हुए पटाखे सिरेपर बँधे हुए पटाखेके दगनेपर अपने-आप एक-एक करके विस्फोट करने लग जाते हैं।

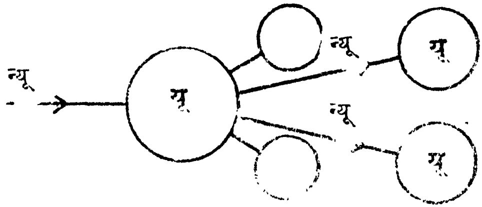
फर्मीके इस सुझावने एक महत्त्वपूर्ण प्रश्न इन वैज्ञानिकोंके सामने ला खड़ा कर दिया कि यदि उपर्युक्त व्याख्या सही है तो इन प्रयोगोंमें एक युरैनियम परमाणुके विखण्डित होते ही समूचे युरैनियमका क्षणभरके अन्दर विखण्डन हो जाना चाहिये, किन्तु होता ऐसा नहीं है—क्यों?

आखिर डॉक्टर नीलसबोरने इस शंकाका भी समाधान किया। चार वर्ष पहले शिकागो युनिवर्सिटीमें डॉ० डेम्पस्टरने यह दिखलाया था कि युरैनियमका भी समस्थानिक मौजूद है। साधारण युरैनियमका परमाणुभार २३८ है, किन्तु इसके समस्थानिकका भार केवल २३५ है। डॉ० बोरने साबित किया कि वास्तवमें इन प्रयोगोंमें न्यूट्रानकणों द्वारा विखण्डन इस २३५ भारवाले युरैनियम परमाणुका होता है, साधारण युरैनियम २३८ का नहीं। चूँकि साधारण रीतिसे प्राप्त किये गये युरैनियममें युरैनियम २३५ के

डा० लीज़ मेतनेर

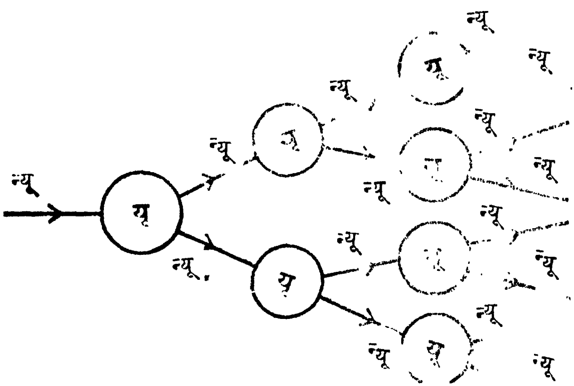


जर्मनीकी यहूदी महिला वैज्ञानिक। बर्लिनके कैसर विल्हम इन्स्टीच्यूट-के भौतिक विभागकी आप अध्यक्षा थीं। यूरेनियम परमाणुके विखंडनके प्रयोगोंका प्रारम्भ आपके ही दिये गये गणितके सूत्रों द्वारा इस प्रयोगशालामें पहली बार हुआ था। नाजी गवर्नमेण्टकी नीतिसे असन्तुष्ट होनेके कारण आपको बर्लिन छोड़कर स्वीडनकी शरण लेनी पड़ी। वहाँसे आप अमेरिका चली गयीं और परमाणुबमकी योजनामें आपने पूरा सहयोग दिया।



मन्दगामी न्यूट्रान जब यूरेनियम २३५ से टकराते हैं तो यूरेनियम परमाणुका विखण्डन होता है। इसका नाभिक दो भागोंमें विखण्डित हो जाता है, साथ ही अन्य न्यूट्रान उसमेंसे निकलकर मोम या भारी जल द्वारा मन्दगामी बनते हैं और तब अन्य यूरेनियम २३५ परमाणुओंका वे विखण्डन करते हैं।

न्यू = मन्दगामी न्यूट्रान   यू = यूरेनियम २३५

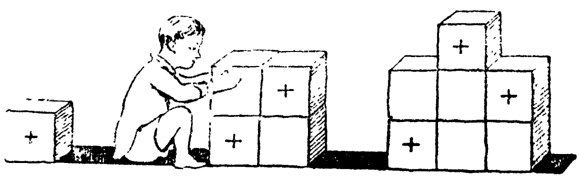


इस चित्रमें दिखलाया गया है किस प्रकार यूरेनियम २३५ के परमाणुओंमें न्यूट्रानकणों द्वारा विखण्डनकी शृङ्खला अपने-आप स्थापित हो जाती है।

परमाणु बहुत ही कम संख्यामें पाये जाते हैं अतः विखण्डन की शृंखला उपर्युक्त प्रयोगोंमें स्थापित नहीं हो पाती।

इस प्रकार हम देखते हैं कि साधारण यूरेनियम नहीं, बल्कि युरेनियम २३५ से ही इन प्रयोगोंमें हमें अपार शक्ति मिलती है। मन्दगामी न्यूट्रानकण इस अलभ्य युरेनियम २३५ के परमाणुओं-का विखण्डन करनेमें समर्थ होते हैं। साधारण युरेनियममें युरेनियम २३५ के परमाणुओंकी संख्याका अनुपात केवल ०·७ प्रतिशत है। और साधारण युरेनियम स्वयं भी हमारी धरतीपर नगण्य मात्रामें ही पाया जाता है। अतः परमाणुओंकी अभूतपूर्व शक्ति हासिल करनेके लिए सर्वप्रथम यह जरूरी हो जाता है कि युरेनियम २३५ को विशुद्ध अवस्थामें प्राप्त किया जाय।

परमाणु नाभिकोंका गठन



हाइड्रोजन परमाणु नाभिक (केवल एक प्रोटानकण) — हीलियम परमाणु नाभिक [दो प्रोटानकण और दो न्यूट्रानकण] — लीथियम परमाणु नाभिक [तीन प्रोटानकण तथा चार न्यूट्रानकण]

युरेनियम २३५ को विशुद्ध अवस्थामें पृथक किये जानेके प्रयत्न अमेरिकाकी प्रयोगशालाओंमें किये गये। और शीघ्र ही युरेनियम २३५ की एक नन्हीं-सी मात्रा कोलम्बिया युनिवर्सिटीकी प्रयोगशालामें भेजी गयी जहाँ डॉ० बोर तथा डॉ० पोलकने मन्द-

गामी न्यूट्रानकणोंकी मददसे युरेनियम परमाणुओंके विखण्डनकी शृंखला स्थापित करनेमें सफलता प्राप्त की। डा० बोरका अनुमान सोलहो आने सत्य निकला। परमाणु बमकी भूमिका स्थापित हो गयी--अपरिमित शक्तिके भण्डारके प्रवेशद्वारकी कुञ्जी वैज्ञानिकोंने हासिल कर ली।

९

प्रथम परमाणुबमका निर्माण

गत महायुद्धके छिड़नेके पूर्व ही कैसर विल्हम इन्स्टीच्यूटमें किये गये युरैनियम परमाणुके विखण्डनके प्रयोगका विवरण प्रकाशित हो चुका था। जिन दिनों यूरोपमें युद्धकी काली घटाएँ मँड़राने लगीं, विभिन्न देशोंके युद्ध-विशेषज्ञोंके मस्तिष्कमें ये विचार उठे कि क्या युरैनियम २३५ के विखण्डनसे प्राप्त शक्ति द्वारा हम अत्यन्त प्रबल विस्फोटक अस्त्र-शस्त्रोंका निर्माण नहीं कर सकते? वास्तवमें युद्ध छिड़ते ही युद्ध-संलग्न सभी राष्ट्रोंके वैज्ञानिकोंने बड़ी तन्मयताके साथ इस क्षेत्रमें अपने अनुसन्धान आरम्भ कर दिये तथा परमाणु विखण्डनके प्रयोगोंके विवरणका प्रकाशन भी रोक दिया गया। इन अनुसन्धानोंपर रहस्यका आवरण डाल दिया गया। अवश्य ही शुरूमें राजनीतिज्ञों तथा प्रभावशाली व्यक्तियोंमेंसे अनेक जनोंने वैज्ञानिकोंकी इस हविसको निरी मृग-तृष्णा बताया था। किन्तु वैज्ञानिकोंको पूर्ण विश्वास था कि उनके प्रयोगोंकी आधार-शिला अत्यन्त दृढ़ है, उसमें शंकाकी कोई गुंजाइश नहीं।

उनके सामने केवल गौण समस्याएँ ही हल करनेके लिए रह गयी थीं। शक्ति मुक्त करानेका मूल गुर वे मालूम कर चुके थे। उन्हें केवल यह मालूम करना था कि किस तरह वे युरैनियम २३५ को विशुद्ध अवस्थामें तथा पर्याप्त मात्रामें प्राप्त करें और किस तरह उसे किसी हल्के पदार्थ मोम, भारी पानी, कार्बन आदिके संग मिलायें कि न्यूट्रानकणोंकी बौछार डालनेपर ये

कण इन हल्के पदार्थोंके परमाणुओंसे टक्कर खाकर अपनी तीव्र गतिको खोकर मन्दगामी बन जायँ और तब युरेनियम २३५ के नाभिकका विखण्डन करके उसमें निहित अपरिमित शक्तिको विमुक्त करें।

१९४० में फ्रांसके पतनके बाद ही वहाँके दो उत्साही वैज्ञानिक फ्रेंच गवर्नमेंट द्वारा खरीदे गये लगभग ४ मन भारी पानी को इंग्लैण्ड लेकर चले आये। यह अमूल्य पदार्थ जर्मनोंके हाथ न लग सका। बादमें नार्वेकी भारी पानी बनानेकी फैक्टरी जो अब जर्मनीके हाथ आ गयी थी, नार्वेके देशभक्तों द्वारा नष्ट कर दी गयी, ताकि जर्मन वैज्ञानिकोंको परमाणु शक्ति सम्बन्धी अनुसन्धानोंके लिए भारी पानी मिल न सके।

इंग्लैण्डमें इन फ्रेंच वैज्ञानिकोंने परमाणुशक्ति सम्बन्धी अनुसन्धानके कामको आगे बढ़ानेमें महत्त्वपूर्ण योग प्रदान किया। उधर अमेरिकामें जर्मनीके यहूदी-उत्पीड़न-नीतिके अन्तर्गत निर्वासित वैज्ञानिक मिस मेतनेर, डॉ० फ्रिश आदिने और इटालियन वैज्ञानिक डॉ० फर्मीने, जो परमाणुमें निहित शक्तिकी सम्भावनाओंसे भलीभाँति अवगत हो चुके थे, इस बातकी ओर अमेरिकन गवर्नमेण्टका ध्यान आकृष्ट किया कि परमाणु विखण्डन सम्बन्धी अनुसन्धान-फलको गोपनीय रखा जाय ताकि शत्रु-पक्षको इस क्षेत्रके नूतनतम अनुसन्धानोंका पता न लगने पाये। उन्होंने इसके लिए भी आन्दोलन किया कि गवर्नमेण्टकी ओरसे एक सुसंघटित योजना युद्धोपयोगी अस्त्रोंके निमित्त परमाणुशक्तिका इस्तेमाल करनेके लिए बनायी जानी चाहिये। किन्तु आरम्भमें उन्हें अपने इस प्रयत्नमें विशेष सफलता न मिल सकी। तदुपरान्त इन लोगोंने डॉ० आइन्सटाइनका समर्थन प्राप्त किया। डा० आइन्सटाइनने इस योजनाको कार्यान्वित करनेके पक्षमें एक व्यक्तिगत पत्र प्रेसीडेंट रूजवेल्टके नाम लिखा। इस पत्रको

लेकर उक्त वैज्ञानिकगण प्रेसीडेंट रूजवेल्टसे मिले। सौभाग्यवश प्रेसीडेंट रूजवेल्टको यह योजना पसन्द आ गयी। उन्होंने तत्काल ही अमेरिकन वैज्ञानिकोंकी एक कमेटी नियुक्त की कि इस योजनाका विस्तृत अध्ययन करके इसके बारेमें वह अपनी राय प्रकट करे। इस कमेटीकी प्रथम रिपोर्ट इस योजनाके कुछ अधिक पक्षमें न थी। किन्तु द्वितीय रिपोर्टमें शिकागो यूनिवर्सिटीके सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक डॉ० ए० एच० काम्पटनने इसका पूर्ण समर्थन किया। प्रेसीडेंट रूजवेल्टने कमेटीकी रिपोर्टको स्वीकार करके इस योजनाको कार्यान्वित करनेके निमित्त अपनी अनुमति दे दी।

अब इस योजनाके संचालकोंके सामने परमाणुबम तैयार करनेके लिए मुख्य प्रश्न युरैनियम २३५ तथा प्लूटोनियम प्राप्त करनेका था। डॉ० फर्मी अपने प्रयोगों द्वारा यह दिखा चुके थे कि मन्दगामी न्यूट्रानकण युरैनियम २३८ के परमाणु नाभिकसे जा लगते हैं तो युरैनियम २३८ के परमाणुका विखण्डन तो नहीं होता बल्कि क्षणमात्रके लिए यह न्यूट्रानकण केन्द्रपिण्डमें जा बैठता है। तत्काल ही नाभिकमें ही दो न्यूट्रानकण प्रोटानकणोंमें परिवर्तित हो जाते हैं और इस क्रियामें नाभिकसे दो एलेक्ट्रानकणोंका विसर्जन हो जाता है। फलस्वरूप ९४वाँ तत्त्व प्लूटोनियम बन जाता है जिसके नाभिकमें ९४ प्रोटानकण तथा १४५ न्यूट्रानकण विद्यमान होते हैं। उसने यह भी दिखाया था कि मन्दगामी न्यूट्रानकण युरैनियम २३५ के परमाणुओंकी भाँति ही प्लूटोनियमके परमाणुओंका विखण्डन करके ढेर-सी शक्ति विमुक्त करा सकते हैं तथा इस क्रियाकी भी शृङ्खला बन जाती है। अतः प्रस्तावित परमाणुबममें युरैनियम २३५ या यह नवीन तत्त्व प्लूटोनियम, दोनों ही इस्तेमाल किये जा सकते हैं।

प्लूटोनियमको विशुद्ध अवस्थामें तैयार करनेका काम डा०

काम्पटनके सुपुर्द किया गया। डा० फर्मी तथा जिलार्डके सुझाव-पर अधिक मात्रामें प्लूटोनियम तैयार करनेके लिए शिकागो यूनिवर्सिटीकी प्रयोगशालामें एक विशेष ढंगका यन्त्र इस कामके लिए बनाया गया। ग्रेफाइट (विशुद्ध कोयला-कार्बन) के छोटे-छोटे डण्डोंकी एक चिता-सी सजायी गयी। इसे पुञ्ज (पाइल) के नामसे पुकारते हैं। इसी पाइलमें जगह-जगहपर युरैनियमके डण्डे घुसेड़ दिये गये। इस 'पाइल'के भीतर न्यूट्रानकणोंकी बौछार युरैनियमपर डालनेसे युरैनियम २३८ के नाभिकोंमें न्यूट्रानकण प्रविष्ट करके अन्तमें प्लूटोनियमका निर्माण करते थे। युरैनियम २३५ में अवश्य ही विखण्डन होता था और इस विखण्डनसे निकले हुए तीव्रगामी न्यूट्रानकण भी ग्रेफाइट (कार्बन) से टकराकर मन्दगामी बन जाते थे, अतः ये भी युरैनियम २३८ को प्लूटोनियममें परिवर्तित करनेमें विशेष समर्थ होते। इन प्रयोगोंमें प्रतिदिन कदाचित् एक रत्तीसे भी कम प्लूटोनियम तैयार हो पाता।

शिकागो युनिवर्सिटीमें 'पाइल'के प्रारम्भिक प्रयोगोंमें सफलता हासिल कर लेनेके उपरान्त मुख्य योजनाके लिए अधिक परिमाणमें प्लूटोनियम तैयार करनेके लिए इस प्रयोगको बृहत् पैमानेपर दुहराना था। अतः प्लूटोनियम फैक्टरीके लिए कोलम्बिया नदीकी घाटीमें २०० वर्गमीलका एक निर्जन प्रान्त चुना गया। यहींपर बृहत्काय पाइलें खड़ी की गयीं। पाइलके प्रयोगमें न्यूट्रानकणों द्वारा युरैनियम २३५ के परमाणुओंके विखण्डनके फलस्वरूप बहुत-सा ताप भी उत्पन्न होता है। यदि इस तापको शीघ्र ही पाइलमेंसे हटानेका प्रबन्ध न किया जा सके तो ग्रेफाइटकी पाइल तत्काल ही फुँक जाय। अतः कोलम्बिया नदीकी समूची जलराशि पाइलको ठण्ढी करनेके लिए उक्त प्रयोगमें इस्तेमाल की गयी थी। प्रतिदिन ये पाइलें लगभग १ सेर प्लूटो-

नियम तैयार कर लेती थीं। सेरभर प्लूटोनियमके लिए सैकड़ों टन युरैनियमकी आवश्यकता पड़ती है। वास्तवमें प्लूटोनियम फैक्टरीके आसपास १००० वर्गमीलकी भूमि गवर्नमेण्टने अपने अधिकारमें कर ली थी। साधारण नागरिकको इस क्षेत्रमें निष्प्रयोजन जानेकी आज्ञा न थी। लगभग ६० हजार व्यक्ति—इञ्जीनियर, मिस्त्री, वैज्ञानिक, मजदूर आदि यहाँ काम करते थे।

पाइलके निकट किसी भी व्यक्तिके लिए जाना निरापद न था। अतः पाइलमें यूरैनियमकी छड़को डालने तथा उसे निकालनेके लिए यन्त्रोंका इस्तेमाल किया जाता था ताकि दूरसे उनका परिचालन किया जा सके। पाइलमेंसे इन छड़ोंको निकालकर उनमेंसे प्लूटोनियमको पृथक् करते समय भी वैज्ञानिकोंको अदृश्य किरणोंके प्रभावसे अपनेको बचाना पड़ता था। यह काम तहखानोंके अन्दर कन्क्रीट सीमेण्टकी दीवारोंकी आड़से किया जाता था।

इसी प्रकार साधारण युरैनियमसे यूरैनियम २३५ को पृथक करनेका उत्तरदायित्व डॉ० लारेन्स तथा डॉ० यूरेको दिया गया था। ये लोग कैलिफोर्निया यूनिवर्सिटीमें इस सिलसिलेमें प्रयोग कर रहे थे। इन प्रयोगोंके आधारपर क्लिण्टनमें युरैनियम २३५ को विशुद्ध अवस्थामें तैयार करनेकी फैक्टरी खड़ी की गयी। इन प्रारम्भिक तैयारियोंके बाद मार्च १९४३ में कैलिफोर्निया यूनिवर्सिटीके डॉ० ओपेनहीमरकी अध्यक्षतामें न्यू मेक्सिको प्रान्तके लास एलामोस स्थानपर परमाणुबम प्रयोगशाला स्थापित की गयी। यह स्थान एकदम मरुस्थल तथा निर्जन था। क्योंकि इस योजनाके लिए अनिवार्य शर्त यह थी कि योजना साधारण जनतासे पूर्णतया गुप्त रखी जाय तथा इस बातका भी ख्याल था कि यदि अचानक प्रयोगशालामें विस्फोटन हो गया तो साधारण नागरिकोंपर आफत न आये। डॉ० ओपेनहीमर तथा उनके

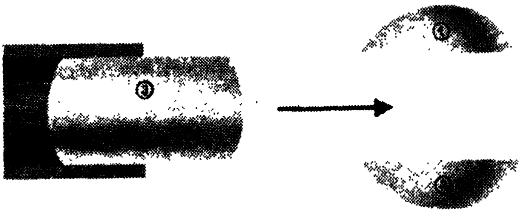
सहयोगियोंकी योजनाकी प्रमुख समस्या हल करनी थी कि आखिर परमाणुबमकी डिजाइन (नमूना) क्या होनी चाहिये।

इस क्षेत्रमें किये गये अनुसन्धानोंसे यह मालूम किया जा चुका था कि यूरैनियम २३५ या प्लूटोनियमके टुकड़े जब एक नियत आकारसे बड़े होते हैं, केवल तभी इनमें विखण्डनकी शृंखला द्वारा विस्फोटनकी क्रिया सम्पादित होती है अन्यथा नहीं। अतः परमाणुबमकी डिजाइनमें सुरक्षाके लिए इस बातका प्रबन्ध किया गया कि इस नियत आकारसे छोटे दो टुकड़े (युरैनियम २३५ या प्लूटोनियम) बमके केसमें अलग-अलग रखे जायँ और जब उन्हें विस्फोट कराना हो तो स्वयं-चालित यन्त्रों द्वारा इन दोनोंको एक दूसरेसे मिला दिया जाय तथा रेडियम-बेरीलियमके मिश्रणको भी केसके अन्दर रक्खा जाय ताकि इनसे उत्पन्न हुए न्यूट्रानकण विखण्डन द्वारा प्लूटोनियम या युरेनियम २३५ को विस्फोट करा सकें।[१]

इसी कारण यह सम्भव न था कि पहले एक छोटे पैमानेपर माडल परमाणुबम परीक्षणके लिए तैयार कर लिया जाता। क्योंकि नियत आकारसे छोटा प्लूटोनियमका टुकड़ा विस्फोट ही नहीं करता। अतः प्रथम बम भी पूरे आकारका बनाना पड़ा। परमाणुबमकी प्रयोगशालामें अमेरिकन वैज्ञानिकोंके अतिरिक्त इटलीके डॉ० फर्मी डेनमार्कके सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक डॉ० नील्सबोर तथा अंग्रेज वैज्ञानिक डॉ० चैडविक आदिने भी पूरा सहयोग दिया। कहा जाता है कि परमाणुबमके वैज्ञानिकोंको प्रयोगशालामें प्लूटोनियम तथा यूरैनियम २३५ के विस्फोटनके न्यूनतम आकार-

१. अमेरिकन गवर्नमेण्ट द्वारा प्रकाशित स्मिथ-रिपोर्टके अनुसार विस्फोट करानेके लिए यूरैनियम २३५ का टुकड़ा २ सेरसे बड़ा किन्तु १०० सेरसे छोटा होना चाहिये। अमेरिकन युद्धनीतिके कारण रिपोर्टमें वास्तविक आकारका उल्लेख नहीं किया गया है।

परमाणुबम



इस चित्रमें दिखलाया गया है कि परमाणु बम किस प्रकार विस्फोट कराया जाता है। प्लूटोनियमके टुकड़े नं० १, २ और ३ स्वयं इतने छोटे हैं कि वे विस्फोट नहीं कर सकते। जब नं० ३ को फायर किया जाता है, तब यह नं० १ और २ के बीच जाकर फिर बैठ जाता है। इन तीनोंका सम्मिलित आकार उस न्यूनतम आकारसे बड़ा ठहरता है जो विस्फोट करनेके लिए जरूरी है।

को निर्धारित करनेमें सबसे अधिक माथापच्ची करनी पड़ी थी। आखिर जून १९४५ के अन्ततक डॉ० ओपेनहीमर प्रथम परमाणु-बमका निर्माण करनेमें सफल हुए। अमेरिकन गवर्नमेण्टने वैज्ञानिकोंके आश्वासनके भरोसेपर २ अरब डालरकी यह बाजी लगायी थी, अब इस प्रथम बमके परिक्षण द्वारा देखना था कि बाजी हाथ लगी या नहीं।

१०

प्रथम परमाणुबमका परीक्षण

१६ जुलाई, १९४५ के प्रातःकालके समय न्यू मेक्सिकोके मरुस्थलके निर्जन प्रान्तमें डा० ओपेनहीमर तथा उनके सहयोगी-गण सशंकित हृदयसे परमाणुबमके प्रथम परीक्षणके लिए एकत्र हुए। दो अरब डालरके जुएका पासा अब फेंका जानेवाला था। निस्सन्देह इस योजनाके प्रवर्तक चिन्तित थे कि यदि पासा उलटा बैठा तो ?

इस परीक्षणके लिए पिछले तीन दिनोंसे तैयारी हो रही थी। परमाणुबमके एक-एक पुर्जेकी जाँच विशेषज्ञोंने की। केवल वे ही पुर्जे इसमें फिट किये गये जो सर्वथा निर्दोष थे। शनिवार १४ जुलाईको अत्यन्त सतर्कता और सावधानीके साथ बमको उस रेगिस्तानमें इस्पातके बने एक ऊँचे स्तम्भपर आरूढ़ कराया गया। इस स्तम्भमें बमको विस्फोट करानेका यन्त्र भी फिट किया गया तथा अन्य कई यन्त्र भी लगाये गये ताकि विस्फोटन द्वारा उत्पन्न हुए ताप, अदृश्य किरणों तथा वायुतरंगोंके बारेमें उनकी मददसे जानकारी हासिल की जा सके।

इस निर्जन मैदानमें लगभग १० मीलकी दूरीपर एक ऊँचे स्तम्भपर डा० ओपेनहीमर स्वयं मौजूद थे ताकि विस्फोटनका वे भलीभाँति निरीक्षण कर सकें। बम विस्फोट करानेके लिए विद्युत् तार ६ मीलकी दूरीसे बमके स्तम्भतक लाये गये थे। ठीक तीन बजे प्रातःकाल विशेषज्ञ अपने स्थानपर तैयार बैठ गये। यहीं ६ मीलके फासलेपर बम विस्फोट करानेका स्विच लगाया गया था।

बम विस्फोट करानेका समय ठीक साढ़े पाँच बजे नियत किया गया था।

परमाणुबमके विस्फोटनके लिए हुक्म देनेका काम शिकागो युनिवर्सिटीके डॉ० एलिसनके सुपुर्द था। ठीक ५ बजकर १० मिनट पर डॉ० एलिसनने रेडियो द्वारा आर्डर देना आरम्भ कर दिया, "ऋण २० मिनट, ऋण १५ मिनट, ऋण १० मिनट"। कन्ट्रोल-रूमके वैज्ञानिकोंका कहना है उस उक्त एक-एक क्षण युगके समान लम्बे प्रतीत हो रहे थे। रेडियोकी आवाज बराबर आ रही थी। "ऋण एक मिनट, ऋण ४५ सेकण्ड, ऋण ४४ सेकण्ड, ऋण ४३ सेकण्ड" ये सेकण्ड तो जैसे और भी लम्बे बन गये। ठीक उसी उक्त बम विस्फोट करानेकी क्रियाका उत्तरदायित्व स्वयं-चालित-यन्त्रके हाथमें पहुँच गया। इसके बाद ठीक ५ बजकर ३० मिनटपर स्वयं-चालित यन्त्रका स्वयं बमको विस्फोट कराना था। किन्तु इस अरसेमें बराबर एक सैनिक-वैज्ञानिक बमवाले स्तम्भसे १०००० गजकी दूरीपर एक दूसरे कन्ट्रोल स्विचपर हाथ रखे सतर्क बैठा हुआ था कि यदि कोई अप्रत्याशित बात हुई तो अन्तिम क्षण तक 'रोको' के आर्डरपर वह स्विच दबाकर स्वयं-चालित यन्त्रको बेकार बना देगा, इस प्रकार विस्फोटन रुक जायगा। किन्तु इसकी नौबत न आयी। ठीक साढ़े पाँच बजे रेडियोपर आर्डर आया "अब (Now)।"

तत्काल ही हजारों सूर्यकी चमक जैसा प्रकाश समस्त आकाशमें छा गया। कुछ देरतक तो किसी तरहकी आवाज नहीं सुनाई दी—क्योंकि प्रकाशरश्मियोंकी अपेक्षा ध्वनितरंगोंकी गति बहुत ही कम है। और तब ४० सेकण्ड बाद विस्फोटनकी गड़गड़ाती हुई आवाज सुनाई दी जो देरतक आकाशमें गूँजती रही। विस्फोटन द्वारा उत्पन्न हुई वायुतरंगोंके आघातसे दो व्यक्ति जो ६॥ मीलके फासलेपर खड़े थे लुढ़ककर धराशायी हो

गये । स्तम्भके ऊपर विविध रंगोंका चमकीला बादल ऊर्ध्वाकाशमें लगभग ८ मीलकी ऊँचाईतक चढ़ता चला गया । इस्पातके स्तम्भका नामोनिशान बाकी न रहा, उसकी जगह पिघले हुए लोहेका ढेर पड़ा था ।

विस्फोटनकी वायुतरंगोंके आघातसे बचनेके लिए कन्ट्रोल-रूमके सभी व्यक्तियोंको आर्डर दिया गया था कि विस्फोटनके दो मिनट पहले वे औंधे मुंह जमीनपर लेट जायँ तथा अपनी आँखोंपर गहरे रंगका चश्मा लगा लें । कई मीलकी दूरीपर खड़ी एक अन्धी लड़कीको भी विस्फोटनकी असाधारण चमकका आभास मिला, वह चिल्ला उठी 'अरे यह क्या था ?'

परीक्षणस्थानके चारों ओर १६० मीलके घेरेमें सभी जगहके लोगोंने विस्फोटनकी चमकको देखा तथा उसकी आवाजको सुना । १०० मीलके फासलेपर भी मकानकी खिड़कियाँ झनझना उठी थीं ।

तो परीक्षणमें सफलता प्राप्त हुई । वैज्ञानिकोंने असम्भवको भी सम्भव कर दिखाया । परमाणुमें निहित अपरिमित शक्तिपर मानवने पूर्ण नियन्त्रण हासिल कर लिया । योजनामें भाग लेनेवाले वैज्ञानिकोंने सन्तोषकी साँस ली । मानो ईश्वरने उनकी लाज रख ली । पाँच सालतक विभिन्न देशके सैकड़ों वैज्ञानिकोंने मिलकर जिस योजनाको चलाया था वह अन्तमें सफल साबित हुई ।

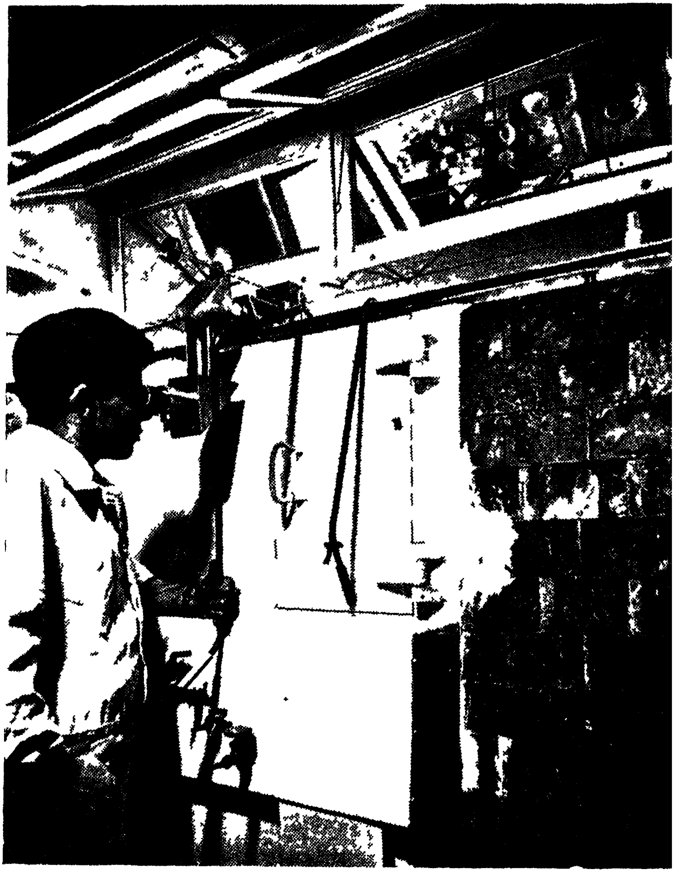
इस बृहत् योजनाकी सबसे बड़ी खूबी यह थी कि जनसाधारण तथा अन्य देशवालोंको इस बातकी खबरतक न हो सकी कि आखिर इन बड़ी-बड़ी फैक्टरियोंमें किस ढंगके अनुसन्धान किये जा रहे हैं । स्वयं कारखानेमें काम करनेवाले इंजीनियर, मिस्त्री अथवा फोरमैनको पता नहीं था कि जिन पुर्जोंका वे निर्माण कर रहे हैं वे किस काममें इस्तेमाल होंगे । यहाँतक कि केवल एकाध

दर्जन चोटीके वैज्ञानिकों और अफसरोंको छोड़कर अन्य वैज्ञानिकोंको भी योजनाका पूरा रहस्य मालूम न था। इन्हें केवल इनके हिस्सेका काम बताया जाता, उससे आगे प्रश्न पूछनेकी मनाही थी। हजारों मजदूर तथा मिस्त्री इन कारखानोंमें इस तरह काम कर रहे थे जैसे चींटियाँ अपने घरके निर्माणमें लगी रहती हैं। हर तरहकी सावधानी बरती गयी थी कि कारखानेमें काम करनेवालोंको आभास न मिले कि आखिर इन सब बखेड़ोंका उद्देश्य क्या है। मशीन और डायलके सामने खड़े व्यक्ति स्विच खोलते-बन्द करते रहते, या हैण्डिल घुमाते रहते, किन्तु उन्हें पता नहीं चलता था कि मशीनके भीतर वास्तवमें क्या हो रहा है।

हिरोशिमापर जब प्रथम परमाणुबम गिरा तब अन्य लोगोंकी भाँति ही इन फैक्टरियोंमें काम करनेवाले मिस्त्री मजदूर भी आश्चर्य-चकित रह गये थे। जब परमाणुबम लेकर उसे हिरोशिमापर गिरानेके लिए पाइलट अपने वायुयानको लेकर उड़ा था, तब स्वयं इस वायुयानपर मौजूद व्यक्तियोंको इस बातकी खबर नहीं होने पायी कि वे जापानपर कहर ढाने जा रहे हैं। केवल तीन ही व्यक्ति कैप्टेन विलियम पार्सन, मेजर फेर्बी तथा कर्नल टिबेत जो इस वायुयानके इन-चार्ज थे यह जानते थे कि वे परमाणुबम अपने साथ लिये जा रहे हैं।

इस बृहत् योजनाको गुप्त रखनेका प्रधान कारण यह था कि जर्मनी भी इन्हीं दिनों परमाणु विखण्डनके अनुसन्धानमें पूरी शक्तिसे लगा हुआ था। जर्मन सैनिक पेरिस तथा कोपेनहेगनकी परमाणु विज्ञानशालाओंसे दो शक्तिशाली सायक्लोट्रोन अपने अनुसन्धानोंके लिए जबर्दस्ती उठा ले गये थे। कैसर-विलहम इन्स्टीच्यूट बर्लिनमें युरैनियम परमाणुओंपर प्रयोग किये जा रहे थे। किन्तु परमाणुशक्तिपर विजय हासिल करनेकी इस दौड़में मित्र पक्षके

परमाणु प्रयोगशालाका एक दृश्य



सीसेकी मोटी दीवारकी दूसरी ओर परमाणु विखण्डनके प्रयोग होते हैं और वैज्ञानिक इस ओर खड़े होकर यन्त्रों द्वारा प्रयोगका संचालन करता है। प्रयोगमें विमुक्त हुई घातक किरणें सीसेकी दीवारमें जज्ब हो जाती हैं, वे वैज्ञानिकके शरीरको स्पर्श नहीं कर पातीं। पेरिस्कोप यन्त्र द्वारा इस पारसे वैज्ञानिक देखता रहता है कि उसका प्रयोग कैसा चल रहा है।

वैज्ञानिक बाजी ले गये, यद्यपि यह स्मरण रखना चाहिये कि युरेनियम परमाणुके विखण्डनका रहस्योद्घाटन सर्वप्रथम जर्मनीकी कैसर विल्हम इन्स्टीच्यूटकी प्रयोगशालामें ही हुआ था।

शुरूमें खयाल किया गया था कि परमाणुबमके निर्माणका काम इंग्लैण्डमें ही किया जाय, किन्तु जर्मन उड़न-बम तथा राकेट विमान वी २ के खतरेसे बचनेके लिए यह आवश्यक समझा गया कि इस सम्बन्धमें सभी अनुसन्धान अमेरिकामें किये जायँ जहाँ शत्रुके आक्रमणका खतरा न रहे। क्योंकि इंग्लैण्डमें यदि परमाणुबमकी फैक्टरी स्थापित की जाती तो जर्मनी वायुयानों या वी २ का विस्फोटन परमाणुबमकी फैक्टरीका नाश तो कर ही देता, साथ ही आसपासके सैकड़ों मीलकी दूरीतकके नगर और गाँव भी भस्म हो जाते।

यदि आत्मसमर्पण करनेके पहले जर्मनी परमाणुबम तैयार करनेमें कामयाब हो गया होता तो निस्सन्देह आज इस भूतलकी राजनीतिक रूप-रेखा कुछ और होती, और मित्र राष्ट्रोंके देशकी जो दुर्गति होती उसका वर्णन नहीं किया जा सकता। सम्भवतः नाजी बर्बरताका नृशंस नृत्य समूची पृथ्वीपर देखनेको मिलता और तब सैकड़ों वर्षके लिए संसार दासताकी नाजी जंजीरोंमें बँध जाता।

११

हिरोशिमा और नागासाकी

इस परीक्षणके बाद ठीक बाईसवें दिन अमेरिकन बी० २९ श्रेणीके बमवर्षक वायुयानने हिरोशिमापर परमाणुबम गिराया। संसारका यह सर्वप्रथम नगर था जहाँ धन-जन हानिके उद्देश्यसे परमाणुबमका विस्फोट कराया गया। वायुयानने काफी ऊँचाईसे पैराशूटके सहारे बम गिराया था, और इस डरसे कि परमाणुके विस्फोटनसे वायुयानको क्षति न पहुँचे, बम गिराते ही वायुयान-चालकने वायुयानका मुँह पीछेकी ओर मोड़ दिया, फिर भी विस्फोटन द्वारा उत्पन्न हुई तरंगोंका हलका आघात वायुयानने महसूस किया। विस्फोटन होनेपर दो मिनटके अन्दर ही सफेद धुँएका बादल लगभग ८ मीलकी ऊँचाईतक उठा और विस्फोटनसे उत्पन्न हुए चमकीले प्रकाशकी ज्योति मीलों दूरतक फैल गयी। यह बम दिनके ९ बजे गिराया गया था, अतः प्रथम परीक्षणकी भाँति तेज चकाचौंध मालूम न पड़ी। फिर भी १७० मीलके फासलेपर उड़ते हुए एक वायुयानके संचालककी रिपोर्ट है कि उसने बमके विस्फोटकी चमक तथा सफेद धुआँ स्पष्ट देखा।

इस बमके कारण हिरोशिमामें वर्णनातीत क्षति हुई। विस्फोटन-तरंगोंके कारण तो यह क्षति हुई ही, साथ ही परमाणु-बम द्वारा उत्पन्न हुए तापने निकटके पेड़-पौधों तथा हजारों जीव-धारियोंको भस्म कर डाला। इन आहत व्यक्तियोंके शरीर इतने अधिक जल-भुन गये थे कि वे आसानीसे पहचाने भी नहीं जा सकते थे। अनुमान किया जा सकता है कि अकेले इस एक

बमने लगभग ५० हजार जापानियोंको मृत्युके घाट उतारा। बादमें लिये गये फोटोसे पता चला है कि शहरके अधिकांश मकान इस तरह दीख रहे थे कि मानो वायुयानोंके झुण्डने आकर नगरपर एक साथ ही हजारों दाहक बम गिराये हों और उनकी लगायी हुई आग घण्टोंतक जलती रही हो।

तीन दिन बाद द्वितीय परमाणुबम नागासाकी शहरपर गिराया गया। नागासाकीमें भी धन-जनकी क्षति हिरोशिमासे कम नहीं हुई। जापानने स्पष्ट देखा कि इस दानवी अस्त्रका वह मुकाबला करनेमें नितान्त असमर्थ है—हिरोशिमाकी घटनाके ठीक आठवें दिन उसने आत्मसमर्पण कर दिया। संसारके सबसे अधिक भयावह और नारकीय युद्धका अन्त हुआ।

परमाणुबमकी भीषणताका आभास आपको इस बातसे मिल सकता है कि आध सेरके एक परमाणुबमकी विध्वंसक शक्ति एक टनवाले टी० एन० टी० के १० हजार बमोंकी विध्वंसक शक्तिके बराबर है। इसीलिए हिरोशिमा और नागासाकीमें केवल दो परमाणुबम अत्यधिक क्षति उत्पन्न करनेमें सफल हुए। इस आक्रमणके फलस्वरूप मृत व्यक्तियोंके अतिरिक्त कई हजार नर-नारी बुरी तरह आहत हुए। परमाणुबमके विस्फोटनसे मुक्त हुए न्यूट्रानकणोंकी बौछार मीलों दूरतक पहुँचती है। ये कण नमक, मकानकी दीवार, सड़कके कंकड़ पत्थरको कृत्रिम रूपसे रेडियोधर्मी बना देते हैं। अतः कई दिनोंतक इन पदार्थोंसे अल्फाकणोंकी बौछार तथा तीव्र गामा रश्मियाँ निकलती रहती हैं। ये किरणें शरीरांगोंपर पड़नेपर त्वचाको भेद देती हैं और अपना घातक प्रभाव उत्पन्न कर देती हैं।

हालमें ही जापानमें परमाणु-बमके आक्रमण द्वारा उत्पन्न हुई क्षतिके बारेमें ब्रिटिश विशेषज्ञोंकी विज्ञप्ति प्रकाशित हुई है। उस विज्ञप्तिमें बतलाया गया है कि बमके विस्फोटसे अपार क्षति तो हुई

ही, साथ ही परमाणुबमसे निकली हुई अदृश्य किरणोंने हजारों व्यक्तियोंकी जिन्दगीको दूभर बना दिया। परमाणुबमसे निकली हुई तीव्र गामा-रश्मियाँ त्वचाको भेदकर अन्दर पहुँचीं तो तत्काल ही लोगोंको उनका प्रभाव मालूम न पड़ा। कमसे कम २४ घण्टोंके उपरान्त इन रश्मियोंका प्रभाव प्रकट होने लगा। जी मिचलाना, कै तथा ज्वर पहले प्रकट हुए, फिर एक सप्ताह उपरान्त मृत्यु होने लगी। स्त्री-पुरुषोंकी प्रजननशक्तिपर इन अदृश्य रश्मियोंका अत्यन्त हानिकारक प्रभाव पड़ा—इन रश्मियोंके प्रभावसे अनेक गर्भवती स्त्रियोंके भ्रूण गिर गये अथवा यदि बच्चे उत्पन्न भी हुए तो जन्मके उपरान्त फौरन ही वे कालके ग्रास बन गये। इन विशेषज्ञोंका कहना है कि स्त्री-पुरुषोंकी जननेन्द्रियों तथा ग्रन्थियोंमें भी इन रश्मियोंके कारण ऐसे विकार उत्पन्न हो जाते हैं जिनका परिणाम द्वितीय-तृतीय पीढ़ीकी सन्तानको भोगना पड़ता है।

इस सम्बन्धमें अमेरिकाके एक जीव-वैज्ञानिक डॉ० जार्ज डी स्नेलने चूहोंपर रेडियो-धर्मी रश्मियोंके प्रयोग किये हैं। प्रयोगका महत्त्व भली-भाँति समझनेके पूर्व हमें निम्नलिखित बातें ध्यानमें रख लेनी चाहिये—

(१) वनस्पति या जीवसंसारके विकास-क्रममें जो कुछ भी परिवर्तन होते हैं वे पहलेकी पीढ़ीके पौधे या जीवधारियोंके प्रजनन-कोषमें विद्यमान जीवनतत्त्वके कारण उत्पन्न होते हैं।

(२) परमाणु-बमके विस्फोटके समय न्यूट्रानकणोंकी तीव्र बौछार, गामा किरणें (एक्स रश्मियोंकी जातिकी किरणें) तथा अत्यन्त तीव्र प्रकाश उत्पन्न होते हैं।

(३) चूँकि गामा किरणें एक्स-रश्मियोंकी जातिकी होती हैं अतः निम्न कोटिके जीवधारियों (चूहे आदि) पर एक्स-रश्मियोंका प्रयोग करके शीघ्र ही मालूम किया जा सकता है कि उन

रश्मियोंका प्रभाव अगली पीढ़ियोंकी सन्तानपर किस प्रकारका पड़ेगा।

डॉ० स्नेलने अपने प्रयोगमें नर-चूहेकी जननेन्द्रियपर एक्स-रश्मियोंको कुछ देरतक डाला। इस चूहे और एक स्वस्थ मादा चूहेके संयोगसे जो बच्चे उत्पन्न हुए उनमें किसी प्रकारकी असाधारणता नहीं पायी गयी। किन्तु जब बड़े होनेपर इन चूहोंकी सन्तान तीसरी पीढ़ीमें उत्पन्न हुई तब इनमें एक-तिहाई बच्चोंके शरीरमें उनके पितामहके दोषोंके प्रभाव स्पष्ट रूपसे प्रकट हुए—इनके सिरके अन्दरके मस्तिष्क मानो अक्षरशः उलटे लगे हुए थे—ये मस्तिष्क सिरपर उलटे उभरे हुए थे। ये असाधारण बच्चे अधिक कालतक जीवित नहीं रह सके। शेष दो-तिहाई बच्चोंमेंसे कुछमें इस दोषको उत्पन्न करनेवाले जीवनतत्त्व अवश्य मौजूद रहते हैं, और अनिवार्य रूपसे इनके बच्चोंमेंसे भी कुछ ऐसे होंगे जिनमें उपर्युक्त ढंगकी असाधारणता प्रकट होकर रहेगी। इस प्रकार अकेला एक चूहा अपने वंशमें ऐसे भयानक तत्त्वोंका समावेश कर देता है जिनके कारण अनगिनत पीढ़ियों-तक इस ढंगके असाधारण चूहे पैदा होते रहेंगे।

इस प्रयोगका निष्कर्ष निस्सन्देह अत्यन्त भयावह है। कौन कह सकता है कि हिरोशिमा और नागासाकीके सैकड़ों-हजारों व्यक्ति जो परमाणुबमके विस्फोटके समय इसके आघातसे बच गये, किन्तु रेडियो धर्मी रश्मियाँ जिनके शरीरमें प्रविष्ट होनेमें समर्थ हो सकीं, वे अगली दो पीढ़ियोंमें विचित्र प्रकारके विकृत शरीरवाले मानव-सन्तानको संसारमें उत्पन्न न करेंगे?

१२

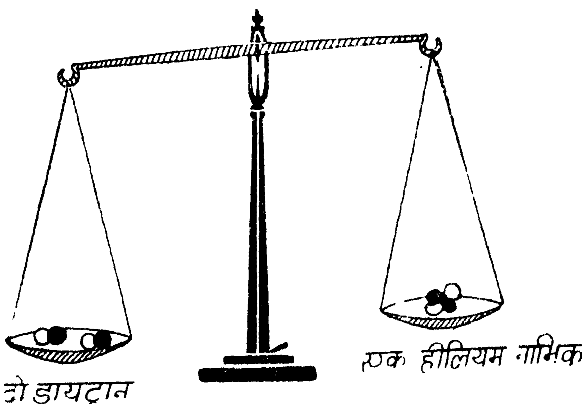
हाइड्रोजनबम

हाइड्रोजनबमका सिद्धान्त परमाणुबमके सिद्धान्तसे मूलतः भिन्न है। हम देख चुके हैं कि साधारण परमाणुबमके विस्फोटमें अतुलित शक्ति-विसर्जनका कारण है युरेनियम २३५ के परमाणु नाभिकका लगभग दो बराबर भागोंमें खण्डित होना। इसके प्रतिकूल हाइड्रोजनबमके विस्फोटमें भारी हाइड्रोजनके दो परमाणु-नाभिक परस्पर संयोग करके (संश्लेषित होकर) हीलियम परमाणु नाभिकका निर्माण करते हैं। 'संश्लेषण' की इस क्रियामें पदार्थका एक अंश विलुप्त होकर शक्तिमें परिणत हो जाता है।

ज्योतिर्विद् हमें बताते हैं कि वास्तवमें हाइड्रोजनबमके विस्फोट सरीखी क्रिया करोड़ों वर्षसे सूर्य तथा अन्य नक्षत्रोंमें होती आ रही है। इस क्रियामें साधारण हाइड्रोजनके चार परमाणु-नाभिक परस्पर संश्लेपित होकर जब हीलियम नाभिककी रचना करते हैं तो इसके फलस्वरूप ढेर-सी शक्ति विमुक्त होती है जो सूर्य रश्मियों द्वारा निरन्तर विकीरित होती रहती है। अवश्य साधारण हाइड्रोजनके नाभिकोंकी संश्लेषणक्रियाकी रफ्तार अत्यन्त धीमी होती है। अतः इस क्रियाकी पुनरावृत्ति करके युद्धोपयोगी बमका निर्माण नहीं किया जा सकता है। बमके विस्फोटके लिए शक्ति-विसर्जनकी रफ्तार अत्यधिक तीव्र होनी चाहिये। सूर्यके अन्तर्पिण्डमें हाइड्रोजन नाभिकोंकी संश्लेषणक्रिया इतनी धीमी गतिसे होती है कि लगभग १ अरब वर्षोंमें सूर्यके गोलेमें स्थित

समस्त हाइड्रोजनका एक शतांश ही हीलियममें परिणत हो पाता है। अवश्य सूर्यका आकार इतना बड़ा है कि प्रति सेकण्ड जितनी शक्ति सूर्य द्वारा विसर्जित होती है उतनी हाइड्रोजनके संश्लेषण द्वारा प्राप्त भी होती रहती है। अन्तर्पिण्डमें उत्पन्न हुई शक्तिको सूर्यके गोलेकी सतहतक पहुँचनेमें लगभग १० हजार वर्षका समय लगता है!

इस क्षेत्रके नूतनतम अनुसन्धानोंसे पता चलता है कि हीलियम नाभिककी रचनाकी क्रिया भारी हाइड्रोजन (साधारण



हाइड्रोजनका समस्थानिक) के नाभिकके संश्लेषण द्वारा अधिक तीव्र गतिसे सम्पन्न हो सकती है। साधारण हाइड्रोजनके नाभिकमें बस एक प्रोटान होता है किन्तु भारी हाइड्रोजनके नाभिकमें दो कण मौजूद होते हैं, एक प्रोटान और दूसरा न्यूट्रान। इस नाभिकको 'डायट्रान'का नाम दिया गया है। अत्यन्त तीव्र गतिसे चलते हुए जब दो डायट्रान एक-दूसरेसे टकराते हैं तो ये परस्पर संयोग करके हीलियम नाभिक बनाते

हैं। इस क्रियाके सम्पन्न होनेके लिए आवश्यक है कि इनका वेग लगभग ५०० मील प्रति सेकण्ड हो। धनविद्युत् आवेशित ये नाभिक पारस्परिक प्रतिकर्षण-बलपर काबू पाकर एक-दूसरेके निकट आकर संयोग करते हैं। अवश्य इस क्रियामें पदार्थका लगभग शतांश विलुप्त होकर शक्तिके रूपमें प्रकट होता है।

हाइड्रोजन अथवा अन्य किसी भी गैसके परमाणुओंको तीव्र गति प्रदान करनेके लिए आवश्यक होता है कि इन्हें ऊँचे तापतक गर्म किया जाय। प्रयोगशालामें साधारणतः ६००० डिग्री सेण्टीग्रेडतकका ताप उत्पन्न कर सकते हैं। किन्तु इस तापपर भी गैस परमाणुका वेग अधिकसे अधिक १ मील प्रति सेकण्ड-तक ही पहुँच पाता है। हाइड्रोजन परमाणुओंको सैकड़ों मील प्रति सेकण्डका वेग प्रदान करनेके लिए उन्हें करोड़ों डिग्री के तापतक गर्म करना आवश्यक होगा। प्रयोगशालामें इतना ऊँचा ताप उत्पन्न कैसे कर सकते हैं?

सूर्यपिण्डके अन्दर ताप करीब ४ करोड़ डिग्री सेण्टीग्रेड है, तथा दबाव वायुमण्डलके दबावका लगभग २ खरब गुना। ताप और दबावकी इन असाधारण परिस्थितियोंमें हाइड्रोजन परमाणु नाभिकोंके परस्पर टकरानेसे हीलियम नाभिकके गठनकी क्रिया सम्पादित हो पाती है। प्रयोगशालामें भी इसी कोटि का ताप उत्पन्न करना आवश्यक होगा अन्यथा हाइड्रोजनके संयोगसे हीलियम नाभिकका निर्माण न हो पायेगा।

वास्तवमें युरैनियम परमाणुबमके विस्फोटमें क्षणिक देरके लिए करोड़ों डिग्रीका ताप उत्पन्न होता है। अतः ऐसी परिस्थिति-में भारी हाइड्रोजनके नाभिक (डायट्रान) परस्पर संयोग करके हीलियम नाभिकमें परिणत हो जायेंगे। यह क्रिया अत्यन्त तीव्र गतिसे सम्पन्न होगी—लगभग १ सेकण्डके लाखवें भागसे

भी कम समय इस क्रियाके पूरी होनेमें लगेगा। अर्थात् इस क्रियाके फलस्वरूप शक्तिविसर्जन एक विस्फोटके रूपमें होगा। स्पष्ट है कि हाइड्रोजनबमको विस्फोट करानेके निमित्त पहले युरैनियमबमको विस्फोट कराना होगा, ठीक उसी तरह जैसे पटाखेको दागनेके लिए पहले उससे जुड़े पलीतेमें आग लगानी पड़ती है। अतः हाइड्रोजनबमके लिए आवश्यक है कि इसके अग्रभागमें युरैनियमबम रखा जाय और पृष्ठभागमें भारी हाइड्रोजन संचित की जाय। अवश्य यह भारी हाइड्रोजन द्रव-रूपमें होनी चाहिये ताकि इसकी पर्याप्त मात्रा बमके अन्दर समा सके। इसीलिए हाइड्रोजनबमका आकार भी युरैनियमबमकी तुलनामें विशेष बड़ा होता है। अतः इसे आसानीसे एक स्थानसे दूसरे स्थानको नहीं ले जा सकते हैं। शत्रुप्रदेशमें पहुँचाकर हाइड्रोजनबमको विस्फोट करानेके लिए बृहत् आकारके बमवर्षक वायुयानोंको काममें लाना पड़ेगा।

इस सम्बन्धमें इस बातका भी उल्लेख करना आवश्यक है कि युरैनियमबमके अन्दर युरैनियम २३५ एक नियत मात्रासे अधिक कभी भी रखी नहीं जा सकती, अन्यथा वायुमण्डलमें उपस्थित इक्के-दुक्के न्यूट्रानकणोंके सम्पर्कमें आते ही यह अपने आप विस्फोट कर जायगा। इसीलिए परमाणुबमके अन्दर युरैनियम २३५ के दो टुकड़े अलग-अलग रखे जाते हैं। इनमेंसे प्रत्येक टुकड़ा उस नियत आकारसे छोटा ही होता है। विस्फोट करानेके ठीक पूर्व खटका चलाकर इनको एक-दूसरेसे सटा देते हैं ताकि सम्मिलित आकार इतना बड़ा हो जाय कि अब न्यूट्रानके आघातसे यह विस्फोट कर जाय। स्पष्ट है कि युरैनियमबमका आकार हिरोशिमावाले बमकी अपेक्षा बहुत अधिक नहीं बढ़ाया जा सकता है। किन्तु हाइड्रोजनबमके लिए इस तरहकी कोई अधिकतम मात्रा निश्चित नहीं है। अतः

भारी हाइड्रोजन (डायट्रान) की मात्रा बमके अन्दर इच्छानुसार बढ़ायी जा सकती है और उसी अनुपातमें इसकी विस्फोटनशक्ति भी। इस प्रकार हाइड्रोजनबमकी ध्वंसकारी क्षमता बेहद बढ़ायी जा सकती है।

सन् १९५० में अमेरिकाके प्रेसिडेण्ट ट्रूमनने सर्वप्रथम अपने देशके वैज्ञानिकोंके सहयोगसे हाइड्रोजनबमके निर्माणकी योजना बनायी थी। इस योजनाको कार्यान्वित करनेके निमित्त १००० अरब डालरकी रकम स्वीकृत की गयी। स्मरण रहे कि इस समय-तक रूसने भी युरैनियम बमके निर्माणमें सफलता प्राप्त कर ली थी, अतः प्रेसिडेण्ट ट्रूमनने जब यह देखा कि परमाणुबमके रहस्यपर अमेरिकी राष्ट्रका अब एकाधिकार नहीं रहा तो अमेरिकाको पुनः संसारके शक्तिशाली राष्ट्रोंमें सर्वोच्च स्थान प्रदान करानेके निमित्त ट्रूमनने परमाणुबमसे भी अधिक विध्वंसकारी अस्त्र हाइड्रोजनबमके निर्माणकी बात सोची।

फलस्वरूप प्रथम हाइड्रोजनबमका परीक्षण नवम्बर १, १९५२ को पैसिफिक महासागरमें स्थित एक द्वीपमें किया गया। अवश्य यह परीक्षण सफल रहा। किन्तु इसे युद्धोपयोगी अस्त्र बनानेके लिए आवश्यक था कि अभी और कई परीक्षण किये जायँ, तभी इञ्जीनियरिंगकी दृष्टिसे इसके आकार-प्रकारमें समुचित सुधारोंका समावेश हो सकेगा।

सोवियत रूसमें भी इस क्षेत्रमें तीव्र गतिसे अनुसन्धान कार्य हो रहे हैं। फलस्वरूप रूसके वैज्ञानिकोंने भी हाइड्रोजनबमके निर्माणमें सफलता हासिल कर ली है। रूसके वैज्ञानिकोंने साइ-बरियाके निर्जन प्रान्तोंमें हाइड्रोजनबमके विस्फोटके परीक्षण किये हैं।

इस सम्बन्धमें सबसे अधिक शक्तिशाली हाइड्रोजनबमका

परीक्षण मार्च १, १९५४ में अमेरिकी अधिकारियों द्वारा बिकनी द्वीपसमूहमें किया गया था। इस परीक्षणसे हाइड्रोजनबमकी विध्वंसकारी सामर्थ्यका सहज ही अनुमान लगाया जा सकता है। द्वीपके चारों ओर १०० मीलके दायरेका क्षेत्र खतरनाक घोषित कर दिया गया था। जिस द्वीपपर बमका विस्फोट हुआ वह स्वयं विस्फोट तथा असह्य तापके कारण नन्हें-नन्हें टुकड़ोंमें विभाजित होकर विलुप्त हो गया। करोड़ों डिग्रीके ऊँचे तापके कारण द्वीपकी भूमिके मूँगे पत्थर आदि तप्त होकर पहले तो वाष्प बन गये, फिर ठण्डे होनेपर नन्हें-नन्हें जर्रेके रूपमें वे हवामें उतराते रहे। अनुमान किया जाता है कि इस प्रकार २० लाख टन पदार्थ आकाशमें पहुँचा। इनमेंसे अधिकांश जर्रे कई सप्ताह-तक तेजस्क्रिय किरणें विकीरित करते रहे। इस दानवीय अस्त्रके विस्फोटसे लगभग १ लाख वर्गमीलके क्षेत्रकी वायु दूषित हो गयी थी। अनुमान लगाया गया है कि हिरोशिमावाले युरेनियमबमकी तुलनामें हाइड्रोजनबमकी ध्वंसकारी क्षमता लगभग १००० गुनी अधिक है!

१३

परमाणु-अस्त्रोंके विनाशकारी प्रभाव

इस अध्यायमें हम विशदरूपसे परमाणु-अस्त्रोंके विनाशकारी सामर्थ्यकी विवेचना करेंगे। पहले युरैनियमके बने परमाणु-बमके विध्वंसकारी प्रभावका उल्लेख किया जायगा, तत्पश्चात् हाइड्रोजनबमके प्रभावका।

दोनों ही प्रकारके बमके प्रभाव तीन श्रेणियोंमें विभाजित किये जा सकते हैं—

१. विस्फोटके धड़ाकेका प्रभाव।

२. दाहक प्रभाव, जिसमें अत्यधिक तापके कारण पत्थर-तक भी पिघल जाते हैं।

३. रेडियो धर्मिता प्रभाव। परमाणु-अस्त्रोंके विस्फोटनके फलस्वरूप ढेर-सी रेडियो, धर्मी किरणें चारों ओर विकीरित होती हैं; जो जीवधारियोंपर हानिकारक प्रभाव डालती हैं।

१. विस्फोटका प्रभाव—हिरोशिमापर गिराये गये परमाणुबमके विस्फोटनका प्रभाव २० हजार टनके प्रचलित किस्मके टी० एन० टी० बमोंकी विस्फोटनशक्तिके प्रभावके बराबर आँकी गयी है। किन्तु पिछले दस पन्द्रह-वर्षोंमें युरैनियम परमाणुबममें अनेक सुधारोंका समावेश करके इसकी विस्फोटन-सामर्थ्यमें विशेष वृद्धि की जा सकी है।

इस सम्बन्धमें यह स्मरण रखना चाहिये कि यद्यपि वैज्ञानिक दृष्टिसे हिसाब लगानेपर एक परमाणुबमकी विस्फोटनशक्ति २० हजार टनके टी० एन० टी० बमकी शक्तिके बराबर होती है

किन्तु शत्रु देशको क्षति पहुँचानेकी दृष्टिसे २० हजार टनवाले टी० एन० टी० बम एक परमाणुबमकी तुलनामें अधिक सफल होंगे।

इसका कारण यह है कि परमाणुबमकी शक्तिका अधिकांश तो विस्फोटन-केन्द्रपर ही अत्यधिक क्षति पहुँचानेमें नष्ट हो जाता है। उदाहरणके लिए, परमाणुबमके विस्फोटनके धड़ाकेसे निकट-की इमारतें ढहकर धराशायी ही नहीं हो जाती हैं, बल्कि उसके पत्थर और ईंटें टूटकर छोटी-छोटी रोड़ियाँ बन जाती हैं! मानो किसी दानवने हथौड़ा मार दिया हो।

हिरोशिमावाले परमाणुबमके विस्फोटन-केन्द्रसे डेढ़ मीलकी दूरीतककी ईंटकी बनी इमारतें पूर्णतया नष्ट-भ्रष्ट हो गयी थीं; केन्द्रसे पौन मीलकी दूरीतककी इस्पातकी ढाँचेवाली इमारतें क्षतिग्रस्त हुईं तथा आधे मील दूरतककी कंक्रीट-सीमेण्टकी बनी इमारतें धराशायी हो गयी थीं।

विस्फोट द्वारा उत्पन्न होनेवाली क्षति इस बातपर भी निर्भर है कि परमाणुबम धरतीसे कितनी ऊँचाईपर विस्फोट कराया जाता है। हिरोशिमाका बम २००० फुटकी ऊँचाईपर विस्फोट कराया गया था। यह ऊँचाई धड़ाकेके अधिकतम प्रभाव उत्पन्न करनेके लिए सबसे अधिक उपयुक्त थी।

परमाणुबमके विस्फोटका प्रभाव विस्फोटके क्षणसे लगभग १० सेकण्ड बादतक बना रहता है। इतनी देरमें विस्फोटके धड़ाकेकी तरंग केन्द्रस्थलसे लगभग २ मीलकी दूरी तय कर लेती है और यहाँतक पहुँचते-पहुँचते इसका विध्वंसकारी जोर भी समाप्त हो लेता है।

२. दाहक प्रभाव—विस्फोटके क्षण सहस्रों सूर्य सरीखा चकाचौंध उत्पन्न करनेवाला तीव्र प्रकाश तो निकलता ही है, साथ-साथ असह्य तापकी ज्वाला केन्द्रसे चारों ओर दूरतक

सीधी रेखामें विकीरित होती है जो लगभग ३ सेकण्डतक बनी रहती है। परमाणुबमका दाहक प्रभाव इसी ज्वालाके कारण उत्पन्न होता है।

विस्फोटके क्षण परमाणुबमके केस और उसमें रखे पदार्थका तापक्रम १० लाख डिग्री से० ग्रे० तक पहुँच जाता है। इस ऊँचे तापक्रमपर बमका समस्त पदार्थ वाष्परूप धारण कर लेता है। और एक सेकण्डके हजारवें भागका समय व्यतीत होते-होते लगभग ३० गज व्यासका वाष्पगोला-सा बन जाता है जिसका तापक्रम ३ लाख डिग्री होता है—यह सूर्यके धरातलके तापक्रमका ५० गुना है!

यह दहकता हुआ गैसका विशालकाय गोला प्रति सेकण्ड ३०० फुटके हिसाबसे ऊपर आकाशमें चढ़ता है—इसका आकार भी बढ़ता जाता है। एक सेकण्ड उपरान्त इसका व्यास ३०० गज हो जाता है। इस गोलेके अन्दर मौजूद पदार्थके नन्हें परमाणु रेडियोधर्मी होते हैं।

हिरोशिमाके परमाणुबमके विस्फोटनके फलस्वरूप ठीक नीचेकी भूमिका तापक्रम ३००० डिग्री से० ग्रेड पहुँच गया था जो पत्थरको भी पिघलानेके लिए पर्याप्त था। अतः निकटके लोग जो खुले मैदानमें थे, इस ज्वालाकी चपेटमें आकर बुरी तरह जल गये और कुछ ही मिनटोंमें वे मृत्युकी गोदमें सो गये। उस स्थानसे २ मीलकी दूरीपर जो लोग खुले मैदानमें थे, उनकी त्वचापर भी इस ज्वालाके कारण फफोले पड़ गये। अवश्य मकानकी दीवारें या मोटे कपड़े शरीरांगोंको परमाणुबमके दाहक प्रभावसे बचानेमें विशेष रूपसे समर्थ होते हैं।

३. रेडियोधर्मी किरणोंका प्रभाव—विस्फोट होनेकी क्रियामें ही तुरन्त गामा रश्मियाँ तथा न्यूट्रानकणोंकी बौछार बमसे चारों ओर विकीरित होती हैं। इनके अतिरिक्त बीटाकणों (एले-

क्ट्रान) तथा अल्फा कणोंकी बौछार भी विस्फोटमें उत्पन्न होती हैं। किन्तु हवा अथवा अन्य पदार्थोंमें सहज ही ये शोषित हो जाती हैं, अतः ये जीवधारियोंतक विशेष मात्रामें नहीं पहुँच पाती हैं। इसी कारण इस प्रसंगमें इनपर विचार नहीं किया जायगा।

(क) गामा रश्मियाँ एक्स-रश्मियोंकी जातिकी किरणें होती हैं, केवल इनकी तीव्रता अपेक्षाकृत प्रबल होती है। जीवधारियोंपर इन गामा रश्मियोंका सर्वत्र ही हानिकारक प्रभाव पड़ता है। एक्स-किरणोंकी भाँति ये भी लकड़ी तथा वस्त्रपरिधान आदिमेंसे होकर आसानीसे गुजर सकती हैं। ईंटकी दीवारें भी इन्हें पूर्णतया रोक नहीं सकती हैं।

शरीरके अन्दर गामा किरणें प्रवेश करनेपर ऐसे हानिकारक प्रभाव उत्पन्न करती हैं जो कुछ अरसे बाद अपना घातक रूप प्रकट करते हैं। सबसे भयानक बात तो यह है कि इन किरणोंके हानिकारक प्रभाव कुछ अंशोंमें अगली दो तीन पीढ़ियोंकी सन्तानमें भी प्रकट होते हैं। जीव-वैज्ञानिक इस सम्बन्धमें अभी अनुसन्धान कर रहे हैं और निश्चित रूपसे यह बतलाया भी नहीं जा सकता कि अगली पीढ़ीको इन रश्मियोंके कारण क्या क्लेश भोगने पड़ेंगे।

अधिक मात्रामें यदि गामाकिरणें शरीरमें प्रवेश कर जायँ तो ये हड्डीके अन्दर समा जाती हैं और मज्जातन्तुओंपर अपना हानिकारक प्रभाव डालती हैं। फलस्वरूप नये रुधिरके निर्माणकी सामर्थ्य मारी जाती है। अब ज्यों-ज्यों समय बीतता है त्यों-त्यों शरीरमें तरह-तरहकी व्याधियाँ प्रकट होने लगती हैं। २४ घण्टे उपरान्त ज्वर और जी मचलाना आरम्भ हो जाता है। एक सप्ताहमें शरीरके बाल झड़ने लगते हैं और दो सप्ताह उपरान्त पेचिशके चिह्न प्रकट होने लगते हैं और इस प्रकार गामाकिरणों-

से आहत व्यक्ति धीरे-धीरे मृत्युपथपर अग्रसर होता है।

विशेषज्ञोंकी खोजके अनुसार विस्फोट-केन्द्रसे डेढ़ मीलकी दूरीतक भी गामारश्मियोंकी तीव्रता इतनी बनी रहती है कि वे हानिकारक प्रभाव उत्पन्न कर सकें। इस क्षेत्रमें भी विस्फोट-केन्द्रसे आध मीलकी दूरीतकके व्यक्तियोंके लिए ये किरणें घातक प्रभाव उत्पन्न करती हैं। आध मील और डेढ़ मीलके बीच स्थित व्यक्तियोंपर ये किरणें हानिकारक प्रभाव अवश्य डालती हैं, किन्तु घातक नहीं होतीं।

(ख) रेडियोधर्मी बादल—विस्फोटके लगभग १ मिनट पश्चात् परमाणुबमके अन्दरके पदार्थ असह्य ताप और दबावके कारण वाष्परूपमें परिवर्तित हो जाते हैं। तप्त वाष्पका यह गोला एक प्रदीप्त बादलके रूपमें ऊपर आकाशमें उठता है। इस गोलेके अन्दरके वाष्पकण प्रायः सबके सब रेडियोधर्मी होते हैं। यदि बमका विस्फोट आकाशमें कराया गया हो (जैसे हिरोशिमा और नागासाकीमें) तो इस बादलमें नीचे धरतीकी गर्द-गुबार आदि नहीं पहुँचने पाती है। अतः इस रेडियोधर्मी बादलके अन्दरके वाष्पकण अत्यन्त नन्हें आकारके रहते हैं और इसीलिए ये द्रवीभूत होकर जल्दी नीचे धरतीपर नहीं आ पाते हैं। ज्यों-ज्यों समय बीतता जाता है इनकी रेडियोधर्मिता भी त्यों-त्यों क्षीण होती जाती है। ऊर्ध्वाकाशकी हवाओं द्वारा ये दूर-दूरतक फैल जाते हैं और अन्तमें वर्षा आदिके साथ जब ये धरतीपर पहुँचते हैं तो उस समयतक इनकी रेडियोधर्मिता इतनी क्षीण हो चुकी होती है कि ये विशेष हानिकारक नहीं साबित होते।

यदि परमाणुबमको भूमिके निकट लगभग ३०० फुटकी ऊँचाईपर विस्फोट कराया जाय तो विस्फोटकी शक्तिका अधिकांश भूमिमें लगभग ४०० गज व्यासका क्रेटरनुमा गड्ढा फोड़नेमें खर्च हो जाता है और धरतीके ससंर्गमें आनेके कारण भूकम्प

सरीखी धड़ाकेकी तरंग तीव्र वेगसे चारों ओर फैलती है। अतः मजबूत इमारतें भी तुरन्त धराशायी हो जाती हैं। विस्फोटके कारण धरतीसे गर्द-गुबार कंकड़-पत्थर ऊपरको फिंक जाते हैं और इनमेंसे अधिकांश रेडियोधर्मी बादलके गोलेमें पहुँच जाते हैं।

यदि दुर्भाग्यवश इस समय वर्षा हो रही हो तो शीघ्र ही रेडियोधर्मी बादलका यह गोला नीचे धरतीपर आ जाता है और इसकी तेजस्क्रिय किरणें अपना हानिकारक प्रभाव दिखानेमें पूर्ण रूपसे समर्थ होती हैं। १९४६ के बिकनी द्वीपके परीक्षणमें समुद्रके जलमें सतहसे ५० फीटकी गहराईपर परमाणुबमका विस्फोटन कराया गया था। रेडियोधर्मी तप्त वाष्पका गोला पानीके अन्दरसे निकलकर ऊपर चढ़ा तो विस्फोटनके उफानके कारण पानीका एक खोखला स्तम्भ भी साथ-साथ चढ़ा। इसका शीर्ष छतरीकी तरह चौड़ा था। १५ सेकण्डमें यह स्तम्भ १ मीलकी ऊँचाईतक पहुँचा और मिनटभरके अन्दर यह डेढ़ मीलकी अपनी महत्तम ऊँचाईतक पहुँच गया। इस स्तम्भकी चौड़ाई लगभग ६०० गज थी तथा इसके शीर्षकी चौड़ाई लगभग डेढ़ मील। तदुपरान्त यह स्तम्भ नीचे गिरने लगा और इसके छतरीनुमा शीर्षमें ही रेडियोधर्मी कण मौजूद थे। अतः विस्फोट-केन्द्रके गिर्द लगभग १ मीलतक रेडियोधर्मी कणोंकी इस वर्षाके कारण समुद्रके जहाज आदि इतने खतरनाक हो गये कि एक वर्ष उपरान्त भी वे प्रयोगमें लाये नहीं जा सकते थे, उन्हें मजबूर होकर डुबा देना पड़ा।

हाइड्रोजनबमके प्रभाव—इस सम्बन्धमें मोटे तौरपर कह सकते हैं कि हाइड्रोजनबमकी विस्फोटन-सामर्थ्य लगभग १००० परमाणुबमोंकी सामर्थ्यके बराबर होती है। अतः हाइड्रोजनबमकी शक्तिका अनुमान लगाना सहज नहीं है—यह शक्ति लगभग उतनी ही शक्तिके बराबर है जितनी समस्त भारतमें सूर्य-

किरणोंसे २ मिनटमें प्राप्त होती है !

युरैनियम बमके विस्फोटनका प्रभाव लगभग एक सेकण्डतक रहता है जब कि हाइड्रोजन बमके विस्फोटनका प्रभाव पूरे १० सेकेण्डतक बना रहता है। इसी प्रकार दाहक प्रभाव उत्पन्न करनेवाली ज्वाला भी हाइड्रोजनबमके विस्फोटमें लगभग २० सेकेण्डतक चलती रहती है जब कि युरैनियम बमकी ज्वाला ३ सेकण्डमें समाप्त हो जाती है। हाइड्रोजन बमसे अधिकतम ध्वंसकारी प्रभाव उत्पन्न करनेके लिए इसे आकाशमें लगभग ८००० फीटकी ऊँचाईपर विस्फोट कराना होगा। इस दशामें इसके विस्फोटके धड़ाकेसे ८० व. मीलके क्षेत्रकी सभी इमारतें नष्ट-भ्रष्ट हो जायँगी और उनकी ईंटें तथा पत्थर भी पिघल जायँगे। स्पष्ट है कि इस क्षेत्रमें कोई भी व्यक्ति जीवित बच नहीं सकता। फिर २०० वर्गमीलके घेरेमें स्थित इमारतें भी विशेष रूपसे क्षतिग्रस्त होंगी तथा १००० वर्गमीलतककी इमारतोंको आंशिक क्षति पहुँचेगी, जैसे उनकी खिड़कियाँ आदि टूट सकती हैं। इसका अर्थ यह है कि अकेला एक हाइड्रोजनबम लन्दन या न्यूयार्क सरीखे विशाल नगरको नेस्तनाबूद कर सकता है।

हाइड्रोजनबमका दाहक प्रभाव लगभग ८०० वर्गमीलके क्षेत्रतक पहुँचता है। इस क्षेत्रमें स्थित व्यक्तियोंकी खुली हुई त्वचापर जलनके घाव उत्पन्न हो सकते हैं जो उनकी मृत्युका कारण बन सकते हैं। सहज ही हम देखते हैं कि हाइड्रोजनबमके दाहक प्रभावका क्षेत्र इसके विस्फोटके प्रभाव-क्षेत्रसे बाहरतक पहुँच जाता है।

अब हम हाइड्रोजनबमसे विमुक्त होनेवाले रेडियोधर्मी कणों और उनसे विकीरित होनेवाली किरणोंपर विचार करेंगे। इन रश्मियों द्वारा जीवधारियोंपर दो तरहके प्रभाव उत्पन्न हो सकते हैं, एक जब रेडियोधर्मी कण श्वास या खाद्यपदार्थोंके साथ

शरीरके भीतर पहुँच जाते हैं, और दूसरा जब रेडियोधर्मी पदार्थसे विकीरित होनेवाली तेजस्क्रिय किरणें शरीरकी त्वचाको भेदकर शरीरके भीतर पहुँचती हैं। परमाणु अस्त्रोंके विस्फोटनमें अधिकांश सम्भावना इसी बातकी रहती है कि बाह्य तेजस्क्रिय किरणें त्वचाको भेदकर शरीरमें प्रविष्ट कर जायँ।

साधारणतः तेजस्क्रिय किरणें, जैसे गामारश्मियाँ, शरीरके अन्दरके कोषों (सेल्स) को विशेष क्षति पहुँचाती हैं। यदि किरणें तीव्र हुईं तो ये कोष अन्तमें विनष्ट भी हो जाते हैं। अवश्य ये कोष तुरन्त ही विनष्ट नहीं होते हैं। किरणोंके आघातके बाद धीरे-धीरे इन कोषोंकी क्षमता गिरने लगती है और कुछ समय उपरान्त ये पूर्णतया नष्ट हो जाते हैं। यही कारण है कि तेजस्क्रिय किरणोंके सामने आ जानेके कुछ दिनों बाद ही इससे उत्पन्न होनेवाली व्याधियाँ प्रकट अवश्य होती हैं।

इस सम्बन्धमें किये गये नूतनतम अनुसन्धानसे यह भी पता चला है कि अत्यन्त क्षीण शक्तिवाली तेजस्क्रिय किरणें यद्यपि विशेष अनिष्टकारी नहीं साबित होती हैं, फिर भी वे जीवनकालको घटानेमें समर्थ अवश्य होती हैं।

इन तेजस्क्रिय किरणोंका प्रजननशक्तिपर भी हानिकारक प्रभाव पड़ता है। किरणोंकी तीव्रता यदि कम रही तो अस्थायी रूपसे प्रजननशक्ति मारी जाती है और यदि किरणें अधिक तीव्र हुईं तो सदैवके लिए उस व्यक्तिकी प्रजननसामर्थ्य नष्ट हो जाती है।

हाइड्रोजनबमके विस्फोटनके फलस्वरूप लगभग २५ मन रेडियोधर्मी पदार्थके कण तप्त वाष्प गोलेके रूपमें आकाशमें चढ़ते हैं। ऊर्ध्वाकाशमें पहुँचनेके उपरान्त इस रेडियोधर्मी वाष्पगोलेके रेडियो-सक्रिय जर्रे लगभग ८ घण्टेकी अवधि तक नीचे धरतीपर गिरते रहेंगे और सम्भवतः १०० मीलके दायरेके क्षेत्रपर

अपना हानिकारक प्रभाव डालेंगे। स्मरण रहे कि १०० मील दायरे-का क्षेत्र भारतके कुछ एक प्रदेशोंके क्षेत्रफलके बराबर है। इस सिलसिलेमें पहली मार्च १९५४ के परीक्षण-विस्फोटनका उल्लेख करना अनुपयुक्त न होगा। बिकनी द्वीप (पैसिफिक महासागरके बीच) में अमेरिकन गवर्नमेण्ट द्वारा हाइड्रोजनबमके विस्फोटका परीक्षण किया गया। विशेषज्ञोंने बिकनी द्वीपके गिर्द १०० मीलके दायरेके क्षेत्रको खतरनाक घोषित किया था। दुर्भाग्यवश द्वीपसे पूरे ९० मीलकी दूरीपर एक जापानी नौका 'फूकूरू मारू' मछली के शिकारमें उस समय प्रयुक्त हो रही थी। विस्फोटके ३॥ घण्टे उपरान्त भूरे रंगकी गर्द नौकापर गिरने लगी और ४ घण्टेतक गर्दकी यह वर्षा जारी रही। इस तरह नौकाकी प्रति वर्गगज सतहपर लगभग १ छटाँक रेडियोधर्मी गर्द एकत्र हुई। नौकापर उस समय २३ नाविक थे और १३ दिनोंतक वे समुद्रमें ही रहे। अवश्य नौकाकी कोठरीमें रहनेके कारण कुछ अंशोंमें वे सुरक्षित थे, फिर भी उनमेंसे एक नाविककी सात महीनेकी यन्त्रणा भोगनेके उपरान्त मृत्यु हो गयी। उसकी मृत्युका कारण रेडियोधर्मी किरणोंका असर था!

विस्फोट-केन्द्रसे सैकड़ों मील दूर भी समुद्रजलकी मछलियों तथा अन्य जीवोंके शरीरमें रेडियो-सक्रिय पदार्थोंकी मात्रा इतनी बढ़ गयी थी कि उन्हें खानेवाले व्यक्तियोंको अनेक शारीरिक व्याधियोंकी यन्त्रणा भोगनी पड़ी।

इस सिलसिलेमें किये गये अनुसन्धानोंसे पता चलता है कि पानीमें मौजूद रेडियोधर्मिता मछलियों तथा सेवार आदि पौधोंमें संचित हो जाती है। यहाँतक कि मछलियोंके शरीरमें यह रेडियोधर्मिता पानीकी तुलनामें लगभग १००० गुना अधिक हो जाती है।

यदि ऊर्ध्वाकाशमें वायुका वेग अधिक हुआ तो ये रेडियो-

धर्मी जर्रे और अधिक दूरीतक पहुँच सकते हैं। अतः विशेषज्ञों-के अनुसार हाइड्रोजनबमसे उत्पन्न होनेवाली रेडियोधर्मी किरणों-के खतरेका क्षेत्र केन्द्रस्थलसे १५० मीलकी दूरीतक आँका जाना चाहिये।

संक्षेपमें हम कह सकते हैं कि हाइड्रोजनबमके विस्फोटमें रेडियोधर्मी किरणोंका खतरा युरेनियम परमाणुबमकी तुलनामें अत्यधिक विस्तृत क्षेत्रतक पहुँचता है। धरतीके निकट या पानीमें यदि हाइड्रोजनबमको विस्फोट करायें तो लगभग ६० मीलके दायरेके क्षेत्रमें तेजस्क्रिय किरणोंका घातक प्रभाव दो-तीन वर्षतक बना रह सकता है—इस क्षेत्रमें किसी जीवधारीका जिन्दा रहना सम्भव न होगा।

हाइड्रोजनके विस्फोटसे उत्पन्न हुए रेडियो-सक्रियकण ऊर्ध्वा-काशके वायुस्तरोंमें काफी अरसेतक उतराते रहते हैं और उपयुक्त परिस्थितियोंमें ये धरतीपर पहुँच जाते हैं। बिकनी द्वीप-का द्वितीय हाइड्रोजनबम-परीक्षण पहली मार्च १९५४ को किया गया था, किन्तु दक्षिण जापानमें तीन महीने बादकी वर्षाके जल-का जब वैज्ञानिक परीक्षण किया गया तो इसमें असाधारण मात्रामें तेजस्क्रिय किरण विकीरित करनेवाले पदार्थ पाये गये। उसी वर्ष मईसे सितम्बरतक कलकत्तेमें गिरनेवाले वर्षा-जलमें भी तेजस्क्रिय पदार्थोंकी मात्रा विशेष रूपसे अधिक पायी गयी थी!

हाइड्रोजनबमके विस्फोटसे उत्पन्न हुए रेडियोधर्मी गैसके बादलमें मौजूद पदार्थोंमें सबसे अधिक खतरनाक तत्त्व स्ट्राँशियम ९० है। यह साधारण स्ट्राँशियमका समस्थानिक है जो विस्फोट-क्रियाके फलस्वरूप युरेनियम २३८ के विघटनसे उत्पन्न होता है। स्ट्राँशियम ९० रेडियोधर्मी है तथा इसकी रेडियोधर्मिता लम्बे कालतक अपनी प्रबलता कायम रखती है। उदाहरणके लिए, २८

वर्षकी अवधिमें इसकी रेडियोसक्रियता पहलेकी आधी हो पाती है! इसके अतिरिक्त इसका सबसे अधिक हानिकारक गुण यह है कि शरीरमें श्वास आदिके साथ प्रवेश करनेपर यह सीधे हड्डियोंकी मज्जामें प्रवेश कर जाता है और अपनी तेजस्क्रिय किरणों द्वारा हड्डीको दुर्बल बना देता है तथा अनेक रोग उत्पन्न करता है। एक बार शरीरमें प्रविष्ट होनेपर मृत्युकी घड़ीतक यह अपना आसन वहीं जमाये रखता है। शाक-भाजियों या अन्य खाद्य-पदार्थोंके साथ भी यह शरीरमें प्रवेश करके अपनी अनिष्ट-कारी क्रिया आरम्भ कर सकता है।

एक हाइड्रोजनबमके विस्फोटनमें लगभग २० सेर 'स्ट्रॉशियम ९०' जर्रोंके रूपमें हवामें विसर्जित होता है।

दुर्भाग्यवश हाइड्रोजनबम विस्फोटके परीक्षणोंका सिलसिला अभी भी जारी है। प्रत्येक विस्फोट हमारे वायुमण्डलमें अन्य रेडियोधर्मी कणोंके साथ-साथ स्ट्रॉशियम ९० के जर्रोंकी मात्रामें वृद्धि करता है। यदि इसी रफ्तारसे अमेरिका रूस आदि देशोंने इन परीक्षणोंको जारी रखा तो निस्सन्देह ८-१० वर्षके अन्दर ही स्ट्रॉशियम ९० वायुमण्डलमें इतना अधिक हो जायगा कि एक बड़े पैमानेपर यह हमारे शरीरमें पहुँचकर हड्डी सम्बन्धी व्याधियाँ उत्पन्न कर सकेगा। अवश्य स्ट्रॉशियम-जनित ये व्याधियाँ उन देशोंमें पहले प्रकट होंगी जहाँके लोगोंके भोजनका पौष्टिक स्तर अपेक्षाकृत नीचा है। हाइड्रोजनबमका रेडियोधर्मिता-जन्य व्यापक तथा अनिष्टकारी प्रभाव उसके अन्दरके युरेनियमके विघटनसे उत्पन्न होनेवाले रेडियोधर्मी स्ट्रॉशियम ९० के कारण होता है। अतः वैज्ञानिक इस बातका भी प्रयत्न कर रहे हैं कि वे सर्वथा निर्दोष हाइड्रोजनबमका निर्माण कर सकें। कुछ दिनों पूर्व अमरीकाके वर्तमान प्रेसिडेण्ट आइसनहावरने इस आशयकी विज्ञप्ति प्रकाशित की थी कि अमेरिकाके वैज्ञानिक अपने

अनुसन्धानोंके फलस्वरूप इस बातकी आशा कर रहे हैं कि वे ऐसे हाइड्रोजनबमको निकट भविष्यमें तैयार कर सकेंगे जिसे विस्फोट करानेके निमित्त युरेनियमका उपयोग किया ही नहीं जायगा। अतः इस बमके विस्फोटसे रेडियोधर्मी 'स्ट्राँशियम ९०' भी उत्पन्न न होंगे। अवश्य अभी निश्चित रूपसे कहा नहीं जा सकता है कि वैज्ञानिक 'निर्दोष हाइड्रोजनबम' तैयार करनेमें सफल हो सकेंगे अथवा नहीं।

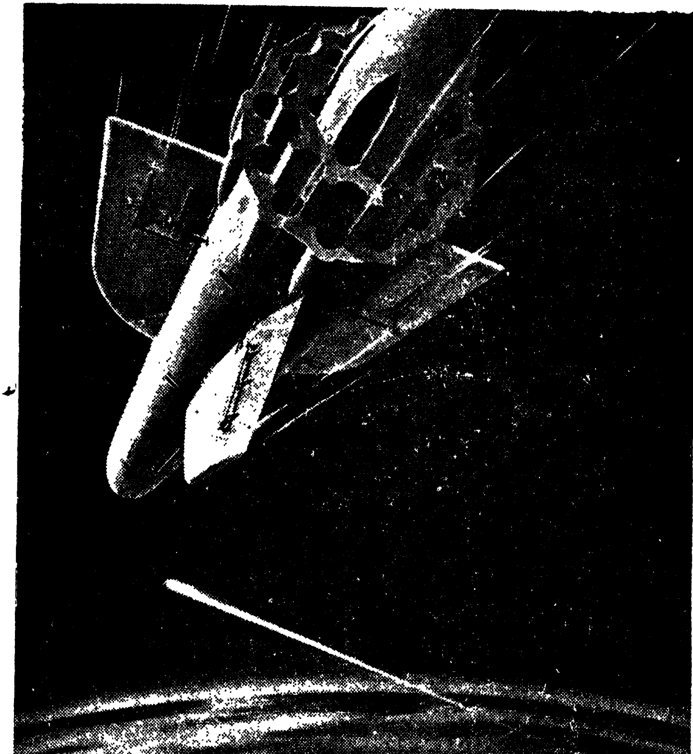
१४

परमाणु-शक्तिका भविष्य

परमाणुबमके आविष्कारने मानवके हाथमें एक ऐसी दानवी शक्ति दे दी है जिसकी सहायतासे संसारको वर्णनातीत हानि या लाभ पहुँचाया जा सकता है। परमाणुबमने युद्ध-कलामें एक नवीन युगका समावेश किया है—भविष्यके युद्धके तरीकोंमें आमूल परिवर्तन अवश्यम्भावी है। भविष्यका युद्ध पूर्णतया परमाणुशक्ति द्वारा परिचालित होगा। ऐसे युद्धकी भीषणताका अन्दाज लगाना आसान नहीं जान पड़ता। रेडियो द्वारा नियंत्रित वायुयान तथा राकेट हजारों मीलकी दूरीपर परमाणुबम गिराकर शत्रुके नगरको भस्म कर सकते हैं। जर्मनीके उड़नबम अथवा वी० २ ढंगके राकेट निकट भविष्यमें अवश्य ही अधिक शक्तिशाली बनाये जा सकते हैं तथा इनकी उड़ानकी दूरी भी हजारों मील-तक बढ़ायी जा सकती है—अब कल्पना कीजिये कि प्रति घण्टे १०००० मीलकी रफ्तारसे उड़नेवाले राकेट यदि परमाणुबम लेकर शत्रु-प्रदेशमें गिरेंगे तो इनके आक्रमणको कौन रोक सकेगा? गत युद्धमें ब्रिटिश एण्टी-एयर-तोपें अथवा ब्रिटिश राकेट एक भी वी० २ जर्मन राकेटको रोकनेमें समर्थ न हो पाये थे। जर्मन वी० २ राकेट अलकोहल और आक्सीजनकी शक्तिसे उड़ते थे—५ मिनटमें २०० मीलकी दूरी तय करके ये तीव्र वेगसे इंग्लैण्डके शहरोंमें आ फटते थे। इन राकेट विमानोंमें लगभग एक टन टी० एन० टी० विस्फोटक पदार्थ भरा रहता। यदि टी० एन० टी० के स्थानपर दो-चार परमाणुबम भी जर्मनी भेज सका होता तो आज

इंग्लैण्ड श्मशान-भूमि नजर आता।

परमाणुबमकी काट अभीतक ईजाद नहीं हो पायी । हो सकता है कि भविष्यमें प्रत्येक राष्ट्र ऐसे शक्तिशाली राकेटका



परमाणुबमसे सुसज्जित राकेट द्वारा आक्रमणकी भीषण कल्पना हमारे चित्रकारने इस चित्रमें व्यक्त की है। नीचे श्वेत मार्ग स्वरक्षात्मक यन्त्र द्वारा भेजे गये राकेटका है जो शत्रुके राकेटसे टकराकर उसे आकाशमें ही विस्फोट करानेका प्रयत्न करेगा।

निर्माण कर ले जो शत्रुके परमाणुबम लेकर आनेवाले राकेटकी टोह पाते ही आकाशमें उड़कर उससे जा भिड़ें और वहीं उर्ध्वाकाशमें ही परमाणुबमको विस्फोट कराकर उसे बेकार बना दें। किन्तु यदि चार-छ परमाणुबम भी इन राकेटोंसे बचकर जमीनपर आ सके तो वे उस राष्ट्रको नेस्त-नाबूद कर ही देंगे। सम्भवतः परमाणुबमसे बचनेके लिए एक ही उपाय दीखता है कि हमारे कारखाने, फैक्टरियाँ, विज्ञान-शालाएँ तथा हमारे रहनेके मकान आदि धरतीके नीचे तहखानोंमें बनाये जायँ, किन्तु इस ढंगका जीवन हम कबतक व्यतीत कर सकेंगे ?

परमाणु-वैज्ञानिकोंका कहना है कि दस-बीस वर्षके अन्दर ही वे राकेट विमानोंके परिचालनके लिए परमाणुसे शक्ति प्राप्त कर सकेंगे। उस दशामें इन राकेट विमानोंके लिए एटलाण्टिक या पैसिफिक महासागर पार करनेमें तनिक भी देर न लगेगी।

इसकी रफ्तार भी जर्मन वी० २ विमानोंकी अपेक्षा कहीं अधिक होगी। अतः संसारका कोई भी राष्ट्र परमाणुबमके आक्रमणसे अपनेको सुरक्षित नहीं समझ सकता है। भविष्यके परमाणुशक्तिके युद्धमें सम्भवतः बड़े-बड़े जेनरल और कर्नलका स्थान इंजिनियर लेंगे जो स्विच-बोर्डके सामने बैठे हुए बटन दबाकर परमाणुबमवाले राकेटका परिचालन हजारों मीलपर स्थित शत्रु-देशके नगरको भस्म करनेके निमित्त करेंगे।

अतः तृतीय महायुद्धमें परमाणुबमका एक बृहत् पैमानेपर प्रयुक्त होना अनिवार्य-सा दीखता है। प्रकृतिकी इस अपरिमित शक्तिके साथ मूर्ख और स्वार्थी मानव यदि नादान बच्चोंकी तरह खेलना चाहेगा तो यह शक्ति उसका सर्वनाश किये बिना न रहेगी। प्रकृति किसीपर दया करना नहीं जानती।

इसी कारण सभी विचारशील व्यक्ति तथा चोटीके वे वैज्ञानिक भी जिन्होंने परमाणुबमके निर्माणमें अपने अनुसन्धानों

द्वारा बहुमूल्य योग दिया है, परमाणुशक्तिके दुरुपयोगकी सम्भावनाके बारेमें विशेष रूपसे चिन्तित हैं। ये लोग इस बातका प्रयत्न कर रहे हैं कि परमाणु-शक्तिका उपयोग केवल रचनात्मक कामोंके लिए किया जा सके।

इस क्षेत्रमें अमेरिका, इंग्लैण्ड तथा रूस आदि देशोंमें तेजीके साथ अनुसन्धान किये जा रहे हैं। इन वैज्ञानिकोंको आशातीत सफलता भी प्राप्त हो चुकी है।

प्रायोगिक पैमानेपर युरेनियम परमाणुके विखण्डनसे शक्ति प्राप्त करनेके सर्वप्रथम यंत्र-संस्थान अमेरिकामें तैयार किये गये। तदुपरान्त व्यावसायिक क्षेत्रमें पारमाणविक नाभिकोंके विखण्डनसे शक्ति हासिल करनेमें भी वैज्ञानिक कामयाब हो सके हैं।

सन् १९५४ में सोवियत रूसमें पारमाणविक शक्तिसे चलनेवाले एक विद्युत पावरहाउसका निर्माण किया गया है। इस पावरहाउसकी क्षमता ५ हजार किलोवाट है। इंग्लैण्डमें भी कई पावरहाउस बनाये गये हैं जिनमें विद्युत उत्पादन करनेवाले डायनमोको पारमाणविक शक्तिसे ही चलाया जा रहा है।

युरेनियम परमाणुओंसे रचनात्मक कार्योंके लिए शक्ति प्राप्त करनेके निमित्त आवश्यक है कि इन परमाणुओंकी विखण्डन-क्रिया तुरन्त विस्फोटके रूपमें सम्पादित न होकर पूर्ण रूपसे नियंत्रित बनी रहे। इस उद्देश्यकी प्राप्तिके लिए जो यंत्र-संस्थान बनाये गये हैं उन्हें 'परमाणुपुञ्ज' या 'परमाणु रीऐक्टर'का नाम दिया गया है।

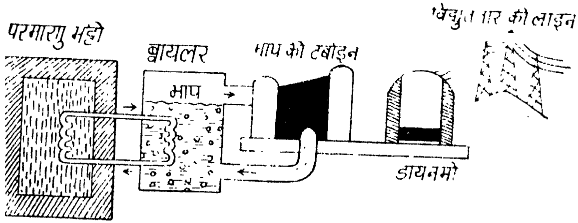
परमाणुपुञ्ज (एटामिक पाइल) आकारमें विशालकाय होता है। इसके अन्दर युरेनियमकी छड़ें एक नियमित क्रमसे एक-दूसरेसे अलग रखी रहती हैं। इनके बीच क्रमसे कैडमियमकी छड़ें भी इस तरह डाली गयी होती हैं कि इच्छानुसार इन छड़ोंकी निश्चित लम्बाईको पुञ्जसे बाहर निकाल सकते हैं या उसे

भीतर प्रविष्ट करा सकते हैं। पुञ्जमें कैडमियम तथा युरैनियमके अतिरिक्त ग्रेफाइट भी प्रचुर मात्रामें रखा जाता है। अतः युरैनियम नाभिकोंके विखण्डनकी शृंखला जब स्थापित करायी जाती है तो विखण्डनसे विमुक्त होनेवाले तीव्रगामी न्यूट्रानकण ग्रेफाइट-मेंसे गुजरनेपर मन्दगामी बन जाते हैं, अन्यथा वे युरैनियम परमाणुका विखण्डन करानेमें समर्थ नहीं हो पाते। कैडमियम की छड़ें विमुक्त हुए न्यूट्रानकणोंमेंसे अनेकको अपनेमें जज्ब कर लेती हैं अतः ये कण युरैनियम परमाणुओंका विखण्डन करानेके लिए लभ्य नहीं हो पाते हैं। दूसरे शब्दोंमें हम कह सकते हैं कि कैडमियमकी छड़ें ही विखण्डन-क्रियाकी रफ्तारपर नियंत्रण रखती हैं। पुञ्जमें यदि कैडमियम छड़ें न डाली जातीं तो पुञ्जके समस्त युरैनियम परमाणुओंकी विखण्डन-क्रिया एक सेकण्डके सहस्रांशमें ही पूरी हो जाती। फलस्वरूप हमें पुञ्जसे उत्पन्न होनेवाली शक्ति परमाणुबमके विस्फोटके रूपमें मिलती।

अतः पुञ्ज (रीएक्टर) में युरैनियम परमाणुओंकी विखण्डन-क्रिया नियंत्रित रूपसे सम्पादित होती है। यदि क्रियाकी गति बढ़ाना अभीष्ट हो तो कैडमियमकी छड़ोंको पुञ्जसे तनिक बाहरको खींच लेते हैं; इस दशामें जज्ब होनेवाले न्यूट्रानकणोंकी संख्या कम हो जाती है। यदि कैडमियम छड़ोंको पुञ्जमें अधिक दूरीतक प्रविष्ट करा दें तो विखण्डन-क्रिया मन्द पड़ जाती है और पुञ्जकी शक्ति-उत्पादनकी रफ्तार भी कम हो जाती है। कुछ परमाणुओंमें न्यूट्रानोंको मन्दगामी बनानेके निमित्त ग्रेफाइटकी जगह 'भारी पानी' का उपयोग करते हैं।

परमाणुपुञ्जमें मुख्यतः शक्ति तापके रूपमें प्राप्त होती है। पुञ्जको स्पर्श करता हुआ यदि पानी या अन्य कोई द्रव प्रवाहित करायें तो इस तापसे पानी वाष्परूपमें परिवर्तित हो जाता है। इस तप्त भापसे वाष्प-इंजिनको चालू करके उससे बिजली उत्पन्न

करनेवाले डायनमोको चला सकते हैं जो नगरके घरोंमें रोशनी पैदा करने या मशीनोंको चलानेके लिए विद्युद्धारा उत्पन्न कर सकते हैं।



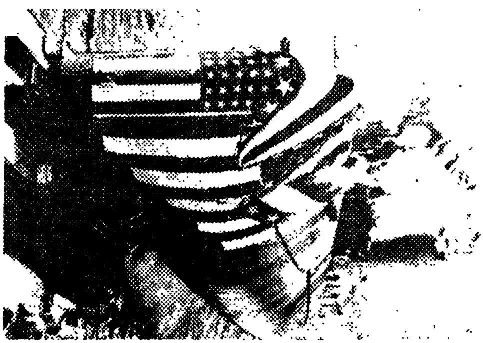
परमाणु भट्ठी द्वारा शक्तिका उत्पादन

जैसा कि अध्याय ११में बताया जा चुका है, युरैनियम परमाणुके विखण्डनके फलस्वरूप शक्तिशाली रेडियो-सक्रिय किरणें भी प्रसारित होती हैं जिनमें गामाकिरणें तथा न्यूट्रान-कणोंकी बौछार प्रमुख हैं। मानव-शरीरपर ये तेजस्क्रिय किरणें घातक प्रभाव डालती हैं, अतः सुरक्षाके लिए प्रत्येक परमाणुपुञ्ज-के भारी-भरकम यंत्रसंस्थानको कन्क्रीट-सीमेण्टकी चौड़ी दीवारोंसे चारों ओरसे घेरना भी आवश्यक होता है। दूरसे परिचालित कलपुर्जोंकी मददसे ही पुञ्जके अन्दरके पदार्थोंको इधर-उधर हटाया जाता है तथा पुञ्जमें लगे यन्त्रोंका परिचालन भी दूरसे ही किया जाता है। सहज ही अनुमान किया जा सकता है कि कन्क्रीट-सीमेण्टकी मोटी दीवारोंके आवरणके कारण परमाणु-पुञ्जका कुल वजन सौ-डेढ़ सौ मनतक पहुँचता है।

इस श्रेणीके परमाणु रिऐक्टरसे शक्तिका अधिकांश तापके रूपमें प्राप्त होता है, इस कारण जनसाधारण इस यन्त्र-संस्थानको 'परमाणुभट्ठी' के नामसे भी पुकारते हैं।

स्पष्ट है कि भारी-भरकम होनेके कारण परमाणु भट्ठीको हलकी

मोटरगाड़ी अथवा वायुयान आदिके लिए चालकशक्ति प्राप्त करनेके निमित्त प्रयुक्त नहीं कर सकते। अवश्य पानीके जहाजके पेंदेमें इसे फिट किया गया है ताकि इसकी शक्तिसे जहाज चल सके। अमेरिकामें कई पनडुब्बी जहाज भी बनाये गये हैं जो परमाणुभट्ठीकी शक्तिसे चलते हैं। एक बार भट्ठीमें थोड़ा युरेनियम डाल देनेपर ये पनडुब्बी जहाज महीनोंतक पानीके अन्दर-अन्दर यात्रा कर सकते हैं। रूसमें एक विशालकाय बर्फतोड़ जहाज भी बनाया गया है जिसमें परमाणुभट्ठीसे ही उसके लिए चालक-शक्ति प्राप्त की जाती है। अमेरिका और रूसमें इस दृष्टिकोणसे अनुसन्धान किये जा रहे हैं कि समुचित सुधार करके परमाणु-भट्ठीको इस योग्य बनाया जाय कि ये वायुयानोंपर भी फिट किये जा सकें। सम्भवतः दो-चार वर्षके अन्दर ही परमाणुशक्ति-चालित वायुयान भी तैयार हो जायँगे।



अमेरिकाका परमाणुशक्ति-चालित तृतीय पनडुब्बी जहाज 'स्केट'

परमाणु रिऐक्टरके अन्दर उत्पन्न होनेवाली रेडियोसक्रिय किरणों तथा न्यूट्रानकणोंकी बौछारको रिऐक्टर कक्षमें रखे कतिपय पदार्थोंपर फेंककर इन पदार्थोंके ऐसे समस्थानिक भी

तैयार किये जाते हैं जो स्वयं तेजस्क्रिय किरणें विकीरित करते हैं। इस उद्देश्यसे बनाये गये परमाणुपुञ्ज आकारमें छोटे रखे जाते हैं, क्योंकि इनका मुख्य प्रयोजन शक्ति-उत्पादन न होकर प्रयोग तथा शोधकार्यके लिए तेजस्क्रिय समस्थानिक पदार्थोंका निर्माण करना होता है। इस श्रेणीके परमाणु रिएक्टर इसी कारण प्रायोगिक रिएक्टर कहलाते हैं। अवश्य युरेनियम परमाणु-विस्फोटके कारण तापके रूपमें ढेर-सी शक्ति इनके अन्दर भी पैदा होती है। इस तापको पुञ्जके अन्दर प्रवाहित होनेवाले द्रवकी सहायतासे बाहर निकाल लिया जाता है।

प्रायोगिक रिएक्टरकी कन्क्रीट दीवारोंके अन्दर बने सूराखोंमें नलीके अन्दर साधारण नमक, कोबाल्ट, आयोडिन तथा फास्फोरस सरीखे पदार्थ रख दिये जाते हैं। पुञ्जमें उत्पन्न होनेवाले न्यूट्रानकणों तथा गामाकिरणोंकी बौछार इन पदार्थोंपर जब गिरती है तो कुछ ही समयमें इन पदार्थोंके नाभिकोंमें परिवर्तन हो जाता है और वे क्रमशः रेडियो सक्रिय नमक, कोबाल्ट, आयोडिन अथवा रेडियो-सक्रिय फास्फोरस बन जाते हैं। हम कह सकते हैं कि इन पदार्थोंमें कृत्रिम रूपसे रेडियोधर्मी गुणोंका समावेश कराया गया है।

चिकित्साके क्षेत्रमें ये रेडियोसक्रिय समस्थानिक अत्यन्त महत्त्वपूर्ण काम अंजाम देते हैं। उदाहरणके लिए सांघातिक ट्यूमरको रेडियोसक्रिय कोबाल्टकी रेडियोधर्मी किरणोंके आघातसे दूर किया जा सकता है। कैन्सर (नासूर) के कोषोंको नष्ट करनेके लिए अभी हालतक रेडियमकी किरणोंका उपयोग किया जाता था। निस्सन्देह रेडियम चिकित्सा अत्यन्त महँगी पड़ती थी, क्योंकि रेडियम एक अत्यन्त बहुमूल्य तथा अलभ्य धातु है। समस्त संसारमें रेडियमकी कुल मात्रा एक सेरसे अधिक नहीं है। किन्तु परमाणु-पुञ्जमें तैयार किया गया रेडियोसक्रिय

कोबाल्ट अपेक्षाकृत बहुत ही सस्ता पड़ता है। अतः साधारण कोटिके चिकित्सालयोंमें भी रेडियोसक्रिय कोबाल्टकी चिकित्साका आयोजन किया जा सकता है। अकेले सोवियत रूसमें १६० चिकित्साकेन्द्रोंपर रेडियोसक्रिय कोबाल्टके यन्त्र कैन्सरकी चिकित्साके लिए आज दिन लभ्य हैं। अमेरिकाके लगभग २००० अस्पतालोंमें रेडियोसक्रिय पदार्थोंकी सहायता चिकित्साकार्यमें ली जा रही है।

अनेक प्रकारके रक्तविकारोंकी चिकित्साके निमित्त भी रेडियो सक्रिय समस्थानिकोंका उपयोग सफलतापूर्वक किया जा रहा है।

इस सिलसिलेमें इस बातका उल्लेख करना अनुपयुक्त न होगा कि रेडियमकी रेडियोधर्मिता एक लम्बे अरसेतक—हजारों वर्षतक—बनी रहती है। अतः भूलसे यदि थोड़ा भी रेडियम शरीरके अन्दर पहुँच जाय तो इससे विकीरित होनेवाली किरणें कालान्तरमें शरीरमें घातक प्रभाव उत्पन्न किये बिना न रहेंगी। अमेरिकाकी घड़ीकी एक फैक्टरीमें कुछ लड़कियाँ घड़ीके डायलपर रेडियमयुक्त मसालेसे अंक लिखा करती थीं। प्रायः ब्रुशको नुकीला बनानेके लिए वे अपने होठोंसे ब्रुशका स्पर्श करा लेती थीं। फलस्वरूप कुछ ही बरसोंमें उनके शरीरमें इतना रेडियम धीरे-धीरे करके पहुँच गया कि उन्हें अपनी जानसे हाथ धोना पड़ा। रेडियम-चिकित्साके विशेषज्ञोंने भी शुरूके दिनोंमें अनुभवहीनतावश रोगियोंको रेडियम मिश्रित औषधियाँ एकाध बार खिला दी थीं—पहले तो रेडियमकी किरणोंने रोगीको अवश्य फायदा पहुँचाया, किन्तु रेडियमकी किरणें तो इसके बाद भी शरीरके अन्दर विकीरित होती रहीं और अन्तमें उन किरणोंने रोगीके प्राणतक ले लिये।

कृत्रिम रेडियो-धर्मी पदार्थोंके उपयोगमें इस प्रकारके किसी खतरेसे आसानीसे बचा जा सकता है। कृत्रिम ढंगसे बनाये

गये रेडियो धर्मी पदार्थोंमेंसे अनेक ऐसे हैं जिनकी क्रियाशीलता केवल थोड़े ही दिनोंतक बनी रहती है। उदाहरणके लिए, फास्फोरस कृत्रिम ढंगसे रेडियो-धर्मी बनाये जानेपर चौदह-पन्द्रह दिनोंतक रश्मियाँ विकीरित करता है, तदुपरान्त इसकी यह शक्ति अत्यन्त क्षीण हो जाती है, लगभग नगण्य-सी। अतः रेडियोधर्मी फास्फोरस मिश्रित औषधियाँ खानेके निमित्त दी जा सकती हैं। रक्तके एक घातक रोग 'ल्यूकेमिया'की चिकित्साके लिए इसका प्रयोग सरलतापूर्वक किया गया है—शरीरके अन्दर पहुँचकर रेडियो-धर्मी फास्फोरस अपनी रश्मियोंके प्रभावसे रक्तको शुद्ध कर देता है—इतनेमें इसकी रेडियोधर्मी क्षमता भी क्षीण होकर खत्म हो जाती है। अब साधारण फास्फोरसकी भाँति यह हड्डियोंकी मज्जामें जज्ब हो जाता है।

वैज्ञानिकोंको पूरी आशा है कि शीघ्र ही वे इस बातका रहस्योद्घाटन कर सकेंगे कि किस तरह शरीरके अन्दर विटैमिन अपना महत्त्वपूर्ण काम अंजाम देते हैं या किस प्रकार पेन्सिलिन अपना आश्चर्यजनक प्रभाव उत्पन्न करती है। इस ढंगके अनुसन्धानमें रेडियोधर्मी फास्फोरस, आयोडीन या रेडियोधर्मी नमकको साधारण खाद्यपदार्थोंके साथ मिलाकर शरीरके अन्दर प्रविष्ट करा देते हैं, फिर जाइगर-काउण्टर नामक एक विशेष ढंगके विद्युत्‌यन्त्रकी मददसे पता लगाते हैं कि शरीरके किस भागमें वह रेडियोधर्मी पदार्थ पहुँचा है और किस क्रमसे वह शरीरके भिन्न-भिन्न अंगोंमें प्रवेश कर रहा है। वास्तवमें यह यन्त्र उन पदार्थोंसे विकीरित होनेवाली रश्मियों द्वारा प्रभावित होता है। जिस अंगमें रेडियोधर्मी पदार्थके परमाणु मौजूद होते हैं उसके निकट जाइगर-काउण्टरको लानेपर इस यन्त्रमें 'क्लिक' 'क्लिक'के शब्द उत्पन्न होते हैं। रेडियोसक्रिय समस्थानिकका इस प्रकार जब अन्वेषीके रूपमें उपयोग किया जाता है तब

इन्हें रेडियोसक्रिय 'अनुरेखक' परमाणुके नामसे पुकारते हैं। रेडियोधर्मी पदार्थकी मात्राके अनुपातके हिसाबसे क्लिक-क्लिक ध्वनियोंकी प्रति सेकण्ड संख्या भी बढ़ जाती है। उदाहरणके लिए, रेडियोधर्मी नमकको पानीमें घोलकर यदि आप पी लें, तो तीन मिनटके अन्दर ही इसका असर आपके रुधिरमें पहुँच जायगा—उँगलियोंके पोरके निकट जाइगर-काउण्टर लानेपर उसमें क्लिक-क्लिककी आवाज आयेगी।

इस ढंगके प्रयोगोंसे अमेरिकन सर्जनोंको शल्यचिकित्सामें काफी सहायता मिली है। कल्पना कीजिये, मोटर-दुर्घटनामें एक व्यक्तिकी टाँगमें सख्त चोट आयी है। घुटनेके नीचे टखनेमें चोट लगी है किन्तु आशंका की जा सकती है कि सम्भवतः घुटनेके ऊपर जंघेतक रुधिरमें विष फैल गया है—अतः आहत व्यक्तिके प्राण बचानेके लिए आवश्यक है कि उसकी टाँग काट डाली जाय। अवश्य घुटनेसे नीचे यदि टाँग काटी जायगी तो उस व्यक्तिको कृत्रिम सहारा लेकर चलने-फिरनेमें उतनी मुश्किल न पड़ेगी जितनी उस हालतमें जब कि उसकी टाँग घुटनेके ऊपर काटी जाय। किन्तु डाक्टर किस प्रकार निश्चय कर सकता है कि रुधिरका विष घुटनोंके ऊपर पहुँचा है या नहीं ? इस जाँचके लिए वह कृत्रिम रेडियोधर्मी सम-स्थानिकोंकी मदद लेता है। नर्स रेडियोधर्मी नमकके घोलको सुई द्वारा उस व्यक्तिको भुजाके अन्दर प्रविष्ट कराती है। दो-तीन मिनटके बाद चोट लगी हुई टाँगके घुटनेके निकट जाइगर काउण्टर लाया जाता है—इस यंत्रसे तुरन्त ही 'क्लिक-क्लिक'की आवाज आती है। डाक्टरको इतमीनान हो जाता है कि ऊपरसे घुटनेतकके रक्त प्रवाहमें किसी प्रकारका दोष मौजूद नहीं है अतः आपरेशन घुटनेके नीचे ही करना ठीक होगा।

निस्सन्देह परमाणु-विखण्डन सम्बन्धी अनुसन्धानोंमें मानव-

जीवनकी यन्त्रणाओंको मिटानेकी अभूतपूर्व शक्ति और क्षमता मौजूद है, और शीघ्र ही एक बड़े पैमानेपर यह शक्ति जनसाधारणको सुलभ भी हो सकेगी। वनस्पतिजगतकी अनेक पहेलियोंको भी कृत्रिम रेडियोधर्मी पदार्थोंकी सहायतासे सुलझाया जा सकता है। किस प्रकार पौदे क्लोरोफिलकी मददसे सूर्यके प्रकाशमें कार्बन डाइआक्साइडका विश्लेषण करके उसके कार्बनसे अपने लिए पौष्टिक तत्त्वोंका निर्माण कर लेते हैं? अथवा जड़ोंके रास्ते पौदे अपने लिए धरतीसे किस प्रकार खाद्यपदार्थ ग्रहण करते हैं? इसी तरहके अनेक प्रश्नोंका समाधान इन रेडियोधर्मी पदार्थोंकी सहायतासे किया जा सकता है। उदाहरणके लिए, टमाटरके पौदेकी जड़में यदि रेडियोधर्मी फास्फेटका घोल डाला जाय तो आध घण्टेके अन्दर ही पौदेकी चोटीके पत्तोंसे रेडियोधर्मी रश्मियाँ विकीरित होने लगती हैं जिनका पता जाइगर-काउण्टर यन्त्रसे तुरन्त लगाया जा सकता है।

कृषिके क्षेत्रमें भी रेडियोसक्रिय समस्थानिकोंका उपयोग महत्त्वपूर्ण सिद्ध हुआ है। उदाहरणके लिए, इन रेडियोसक्रिय पदार्थोंके उपचारके उपरान्त चुकन्दर तथा मूलीके बीजोंसे अंकुर फूटनेकी क्रिया जल्दी सम्पन्न हुई है तथा ये पौधे जल्दी बढ़े और फसल भी अच्छी हुई। आलूको गोदाममें रखनेके पहले यदि इनपर रेडियोसक्रिय कोबाल्टसे विकीरित होनेवाली किरणें डाल दी जायँ तो ये आलू अधिक कालतक सुरक्षित रखे जा सकते हैं तथा इनमेंसे जल्दी अंकुर भी नहीं फूटते हैं। इसी प्रकार सब्जियोंको अधिक कालतक गोदाममें सुरक्षित रखनेके निमित्त भी रेडियोसक्रिय पदार्थोंका उपयोग सफलतापूर्वक किया गया है। खाद्यपदार्थोंको विसंक्रामित करनेके निमित्त भी इन रेडियोधर्मी पदार्थोंका इस्तेमाल किया जा रहा है।

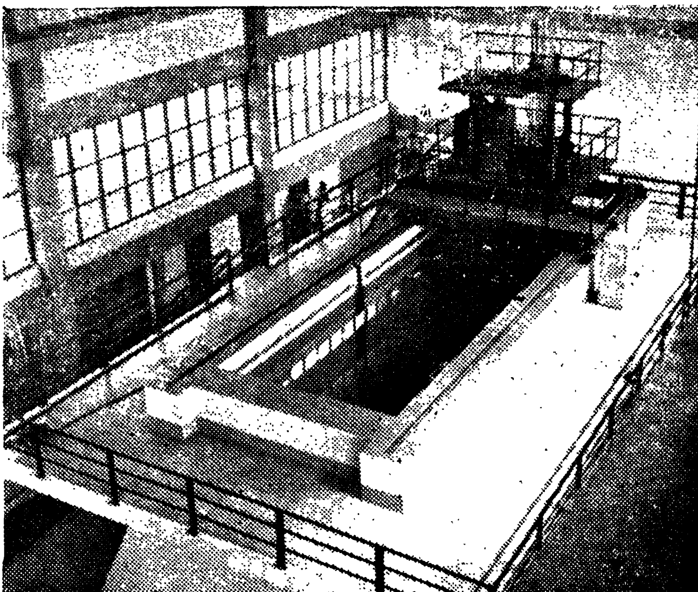
उद्योगधन्धोंके क्षेत्रमें भी रेडियोसक्रिय समस्थानिक

वरदान साबित हुए हैं। जैसे मशीनोंकी धुरी ढालते समय कभी-कभी धुरीदण्डके भीतर हवाके बबूले रह जाते हैं। बाहरसे देखनेपर धुरीदण्ड सर्वथा निर्दोष दिखलाई पड़ती है किन्तु वास्तवमें यह दण्ड उस स्थानपर जहाँ बबूला मौजूद रहता है, एकदम कमजोर होता है। स्पष्ट है कि मशीनमें फिट किये जानेपर यह धुरीदण्ड उस स्थानसे कभी भी टूट सकता है। अतः एक्सकिरणोंकी सहायतासे धुरीदण्डके इस दोषका पता लगाना आवश्यक होता है। एक्सकिरणें अत्यन्त तीव्र भेदन-शक्ति रखती हैं अतः ये आसानीसे धुरीदण्डके आरपार गुजर जाती हैं। एक्सकिरणों द्वारा ली गयी फोटोसे स्पष्ट पता लग जाता है कि कहाँ धुरीके अन्दर खोखला भाग मौजूद है। अवश्य एक्सकिरण उत्पन्न करनेवाले यन्त्र ऊँची कीमतके होते हैं इस कारण ढलाईके हर कारखानेमें एक्सकिरण उत्पादक-यन्त्रोंका आयोजन करना सम्भव नहीं हो पाता है।

अब इञ्जीनियरोंने रेडियोसक्रिय कोबाल्टसे निकलनेवाली गामाकिरणोंका इस कामके लिए उपयोग करना आरम्भ कर दिया है। स्मरण रहे कि गामाकिरणोंकी वेधनशक्ति एक्स-किरणोंकी वेधनशक्तिसे कहीं अधिक होती है, साथ ही रेडियो कोबाल्टके यन्त्र-संस्थानका मूल्य भी अधिक नहीं होता है।

हर्षकी बात है कि १९५६ अगस्तमें भारतके वैज्ञानिकोंने भी डाक्टर होमी जे० भाभाके निर्देशनमें एशियाके सर्वप्रथम परमाणु रिएक्टरके निर्माणमें सफलता प्राप्त की। बम्बईके निकट ट्राम्बेमें इस प्रायोगिक रिएक्टर-यन्त्रको स्थापित किया गया है। इसकी तैयारीमें लगभग ३० लाख रुपये व्यय हुए। मुख्य यंत्र-संस्थान पानीके हौजके अन्दर रखा जाता है। इसी कारण इसे पानीमें तैरनेवाला रिएक्टर भी कहते हैं। श्री जवाहरलाल नेहरूने इसे 'अप्सरा'का नाम दिया है।

यह यंत्र-संस्थान एक ४५ फुट लम्बे, २७ फुट चौड़े और २८ फुट ऊँचे सीमेण्ट-कन्क्रीटकी मोटी दीवारोंके खोलपर आरोपित किया गया। इस प्राङ्गणके बीचमें २८ फुट लम्बा, १० फुट चौड़ा और २८ फुट गहरा तालाब है जिसमें शुद्ध पानी भरा रहता है (इस पानीको पूर्ण रूपसे खनिज-रहित कर लिया जाता है)। तालाबका पानी रिऐक्टरमें उत्पन्न होनेवाली रेडियो-सक्रिय किरणोंको संस्थानसे बाहर निकलनेसे रोकता है। फिर यह युरैनियम नाभिकोंके विखण्डनसे मुक्त होनेवाले न्यूट्रानकणोंके वेगपर भी नियंत्रण रखता है।



भारतका प्रथम परमाणु-रिऐक्टर 'अप्सरा'
[भारत सरकारके परमाणुशक्ति आयोगके सौजन्यसे]

इसके अन्दर प्रयुक्त होनेवाला प्रमुख पदार्थ विशेष रूपसे पुष्टीकृत युरैनियम है जो इंग्लैण्डसे प्राप्त किया गया है।(साधारण युरैनियममें विखण्डित हो सकनेवाले युरैनियम २३५ की राशिका अनुपात ५० प्रतिशत कर लिया गया है, अतः इसे पुष्टीकृत युरैनियम कहते हैं।) संस्थानकी छतपर लम्बाईके समानान्तर दो लोहेकी पटरियाँ बिछी रहती हैं जिनपर एक ट्राली एक सिरेसे दूसरे सिरेतक खिसकायी जा सकती है। इस ट्रालीसे नीचेकी ओर अल्यूमिनियम फ्रेमसे युरैनियमकी एक या डेढ़ सूत मोटी चद्दरें परस्पर समानान्तर लटकती हैं। ये चद्दरें कमानकी तरह थोड़ी मुड़ी रहती हैं, और इनके बीच समान अन्तर होता है। इन चद्दरोंमें पुष्टीकृत युरैनियमके साथ अल्यूमिनियमका भी सम्मिश्रण रहता है।

शृंखलित विखण्डन-क्रियाका सृजन युरैनियमकी इन चद्दरोंमें ही होता है। इस विखण्डन-क्रियाकी रफ्तारका नियंत्रण अल्यूमिनियमकी चार छड़ों द्वारा होता है। ये छड़ें एक इंच मोटी वर्गाकार होती हैं जिनपर कैडमियम धातुकी $\frac{1}{16}$ इंच मोटी तह चढ़ायी गयी होती है। ये छड़ें विखण्डनमें मुक्त होनेवाले न्यूट्रान-कणोंको अपनेमें शोषित करनेकी क्षमता रखती हैं। विखण्डन-क्रियाकी रफ्तार यदि घटानी हो तो अल्यूमिनियमकी इन छड़ोंको नीचे तालावमें गहराईतक घुसेड़ देते हैं। अतः ढेरसे न्यूट्रानकण इनके अन्दर जज्ब हो जाते हैं और विखण्डनके लिए लभ्य न्यूट्रानकणोंकी संख्या घट जाती है। रफ्तार तेज करनेके लिए छड़ोंको ऊपर पानीसे बाहर खींच लेते हैं।

संस्थानकी प्रक्रियामें उत्पन्न होनेवाली रेडियो सक्रिय किरणोंको बाहर निकलनेसे रोकनेके लिए तालाबकी कन्क्रीट दीवारें नीचे ८½ फुट मोटी बनायी गयी हैं; ऊपर इन दीवारोंकी मोटाई कुछ कम हो गयी है।

भारतका यह प्रथम परमाणु-रिएक्टर चिकित्सा, उद्योग-व्यवसाय तथा जीवविज्ञानके क्षेत्रोंमें शोधकार्यके लिए विशेष उपयोगी साबित होगा। इसका उपयोग मौलिक अनुसन्धान, भारतीय इंजीनियरोंके प्रशिक्षण तथा रेडियोसक्रिय समस्थानिकोंके उत्पादनके लिए किया जा रहा है।

ट्राम्बे स्थित परमाणु प्रयोगशालाकी सफलतासे प्रेरणा पाकर भारत सरकारने इसे एक बड़े पैमानेपर विकसित करनेका निश्चय किया है। अतः कैनाडाके सहयोगसे द्वितीय रिएक्टरके निर्माणका कार्य आरम्भ हो चुका है। इस सिलसिलेमें इस कैनाडा-इण्डिया रिएक्टरकी स्थापनाके कुल खर्चमें ३ करोड़ ५४ लाख रुपये कनाडा गवर्नमेण्ट देगी और ३ करोड़ १९ लाख भारत सरकार। यह रिएक्टर इस वर्षके अन्ततक तैयार हो जायगा। अनुमान किया जाता है कि यह रिएक्टर भारतमें लभ्य थोरियम धातुको युरैनियममें परिवर्तित करके रिएक्टरके लिए ईंधनका निर्माण भी कर सकेगा।

इसके अतिरिक्त एक तीसरे रिएक्टरकी स्थापनाकी भी योजना बनायी गयी है। इसे 'जरलीना' का नाम दिया गया है। इसके अन्दर ईंधनके रूपमें युरैनियमके साथ थोरियमकी सलाखें भी प्रयुक्त हो सकेंगी। इस योजनापर २२ लाख रुपये खर्च होंगे जिसमें युरैनियम, भारी पानी आदिकी कीमत शामिल नहीं है—अगले वर्षतक यह रिएक्टर भी चालू हो जायगा।

राँचीके निकट ताँबेकी खानोंसे प्राप्त होनेवाली ताँबेकी छीलनसे युरैनियम निकालनेके लिए भी यंत्र-संस्थान लगाया जा रहा है। इस योजनाके पूरी हो जानेपर हमें अपने रिएक्टरोंके लिए युरैनियम या प्लूटोनियम बाहरके देशोंसे नहीं मँगाना पड़ेगा।

हाइड्रोजन संश्लेषणकी क्रियापर नियंत्रण प्राप्त करके उसकी शक्तिको रचनात्मक कार्योंके लिए प्रयुक्त करनेके निमित्त भी

अनुसन्धान किये जा रहे हैं। इस दिशामें इंग्लैण्ड और अमेरिकाके वैज्ञानिकोंने उल्लेखनीय प्रगति की है। इंग्लैण्डकी हार्वेल परमाणु-अनुसन्धानशालाके वैज्ञानिकोंने काँचकी नलीके अन्दर भारी हाइड्रोजनके परमाणु नाभिकोंके दर्मियान ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत प्रवाहित कराकर क्षणमात्रके लिए नलीके अन्दर लगभग १ करोड़ डिग्री सेण्टीग्रेडका ताप उत्पन्न किया। इस ऊँचे तापपर हाइड्रोजनके नाभिक एक-दूसरेसे टकराकर परस्पर संयोग कर सके और इसके फलस्वरूप हीलियम नाभिकोंका निर्माण हुआ तथा पदार्थकी क्षुद्रमात्रा अपार शक्तिमें परिणत हुई।

प्रयोगशालामें नियंत्रित व्यवस्था द्वारा हाइड्रोजन-संश्लेषण क्रियासे शक्ति उत्पन्न करनेका यह सर्वप्रथम दृष्टान्त था। इस प्रयोगमें वैज्ञानिकोंके सामने सबसे कठिन समस्या यह थी कि प्रयोगमें नलीकी दीवारोंको तप्त गैस स्पर्श न करने पाये, अन्यथा गैसके तापसे नली ही पिघल सकती है! इस कठिनाईको हल करनेके लिए वैज्ञानिकोंने शक्तिशाली चुम्बकोंकी मददसे गैसके परमाणुओंको नलीके ठीक बीचमें ही बाँधे रखा, अतः गैसके परमाणु नलीकी दीवारको स्पर्श नहीं कर पाये। इस यंत्र-संस्थानको 'ज़ीटा' का नाम दिया गया है।

विशेषज्ञोंका ख्याल है कि इस प्रयोगको व्यावहारिक रूप देनेमें अभी कई वर्ष लगेंगे। अवश्य प्रारम्भिक अड़चनोंके दूर हो जानेपर हाइड्रोजनसे एक बड़े पैमानेपर शक्ति हासिल की जा सकेगी। संसारमें पानीकी कमी नहीं है। समुद्रकी अथाह जलराशिसे भारी हाइड्रोजन प्रचुर मात्रामें प्राप्त की जा सकती है— अतः वह दिन दूर नहीं जब शक्तिके इस नवीन स्रोतसे समस्त संसारकी आवश्यकता सहज ही पूरी की जा सकेगी।

१८

और अब ?

परमाणुमें निहित अपरिमित शक्तिको विमुक्त करानेके साथ ही वैज्ञानिकने शक्तिके एक नवीन युगका आह्वान किया है। सूर्य और नक्षत्रोंकी शक्ति-सृजनकी क्रियाकी पुनरावृत्ति करनेका गुर भी आजके वैज्ञानिकने मालूम कर लिया है। इस प्रकार आधुनिक विज्ञानकी सामर्थ्य अत्यधिक रूपसे बढ़ गयी है। दुर्भाग्यवश परमाणुशक्तिका प्रथम आभास हमें हिरोशिमा और नागासाकीके परमाणुबम-विस्फोट द्वारा मिला जिसके ध्वंसात्मक परिणामको देखकर समस्त संसार भयसे काँप उठा था।

संसारका पहला परमाणुबम अमेरिकामें ही तैयार हुआ। अतः आरम्भके दिनोंमें परमाणुशक्तिके रहस्यपर अमेरिकाका ही एक प्रकारसे एकाधिकार रहा और उसने हर तरहसे इस बातकी चेष्टा की कि अन्य किसी देशपर यह रहस्य प्रकट न होने पाये। परमाणुबमका भय दिखाकर अमेरिकाने अन्तर्राष्ट्रीय राजनीतिके क्षेत्रमें अनुचित लाभ उठानेका भी निरन्तर प्रयत्न किया।

आखिर कबतक परमाणुबमके भेदको अमेरिका अपने पास सुरक्षित रख सकता था? वास्तवमें युद्धके दिनोंमें भी जर्मनी तथा रूसमें परमाणुशक्ति सम्बन्धी अनुसन्धान किये जा रहे थे। फर्मी, चैडविक तथा नील्सबोर सरीखे चोटीके यूरोपियन वैज्ञानिकोंका अमूल्य सहयोग पाकर अमेरिका, परमाणुबम-निर्माणकी दौड़में अन्य देशोंके मुकाबलेमें बाजी ले गया। किन्तु रूसकी वैज्ञानिक क्षमता भी किसी कद्र कम न थी, अतः प्रथम परमाणु-

बमके निर्माणके बाद ५ वर्षके अन्दर ही रूसने भी परमाणुबम तैयार कर लिया। कुछ काल उपरान्त इंग्लैण्डने भी स्वयं अपने बलबूतेपर परमाणुबमके निर्माणमें सफलता प्राप्त कर ली।

हिरोशिमाके परमाणुबम-विस्फोटके तीन महीने बाद नवम्बर १९४५ में अपने एक महत्त्वपूर्ण भाषणमें अमेरिकाके प्रेसिडेण्ट ट्रूमनने घोषणा की थी कि "शान्तिकी रक्षाके उद्देश्यसे हम यह आवश्यक समझते हैं कि परमाणुबमके निर्माणका भेद अमेरिका अपने पास थातीके रूपमें सुरक्षित रखे। संसारके सभी लोगोंको पता है कि अमेरिका शान्ति चाहता है, अतः वह इस नवीन अस्त्रका दुरुपयोग कभी न करेगा।"

अन्य राष्ट्रोंपर परमाणुबमके रहस्यको प्रगट न करनेके पक्षमें ट्रस्टी अमेरिकाने यह दलील पेश की थी।

सन १९५० में जब रूसने भी परमाणुबम तैयार कर लिया तो प्रेसिडेण्ट ट्रूमनको इस बातसे खीझ उत्पन्न हुई कि परमाणुबमका एकाधिकार अमेरिकाके हाथसे जाता रहा। अतः उन्होंने जनवरी १९५१ में परमाणुबमसे भी अधिक शक्तिशाली 'हाइड्रोजनबम' तैयार करनेकी योजना बनायी। इस योजनापर १००० अरब डालर खर्च करनेकी स्वीकृति उन्होंने अमेरिकन काँग्रेससे प्राप्त की। अवश्य कुछ ही वर्षोंमें अमेरिका हाइड्रोजनबमके निर्माणमें सफल हुआ; और इसके कुछ ही महीनों बाद रूसने भी अपने प्रथम हाइड्रोजनबमका परीक्षण किया।

स्पष्ट है कि अन्तर्राष्ट्रीय राजनीतिकी जटिलताओंके कारण परमाणुशक्ति सम्बन्धी अनुसन्धानोंका लक्ष्य बरबस सामरिक क्षमताकी वृद्धि करना रहा है। सन् १९४५ से १९५४ तकके आँकड़ोंको देखनेसे पता चलता है कि इस क्षेत्रमें व्यय की गयी धनराशिका लगभग ९८ प्रतिशत युद्धोपयोगी अस्त्रशस्त्रोंकी संहारात्मक शक्तिके बढ़ानेके निमित्त खर्च होता रहा है। यही कारण

है कि परमाणुशक्तिके रचनात्मक उपयोगकी दिशामें प्रगतिकी रफ्तार अबतक इतनी धीमी रही है। काफी अरसेतक परमाणु-शक्तिका यह अमित स्रोत राजनीतिका पाँसा बना रहा। वास्तव-में हिरोशिमा और नागासाकीपर पाँसेके रूपमें ही परमाणुबम फेंके गये थे--तथ्य इस प्रकार है--

५ अगस्त सन् १९४५ को हिरोशिमापर परमाणुबम गिराया गया। इसके ठीक दो सप्ताह पूर्व पाट्सडममें रूस, अमेरिका और इंग्लैण्डके बीच एक कान्फ्रेन्स हुई थी जिसमें यह निश्चय किया गया था कि २६ जुलाईको जापानको हथियार डालनेकी चेतावनी दी जायगी। और यदि जापानने ऐसा नहीं किया तो ८ अगस्तको रूस भी जापानके खिलाफ युद्धकी घोषणा कर देगा। स्मरण रहे कि १६ जुलाईको परमाणुबमका सफल परीक्षण अमे-रिकाके मेक्सिको प्रान्तमें किया जा चुका था। किन्तु बृटिश तथा अमेरिकन प्रतिनिधियोंने पाट्सडम कान्फ्रेन्समें रूसको इस क्रान्तिकारी आविष्कारका पतातक लगने नहीं दिया। इन प्रति-निधियोंने इस महत्त्वपूर्ण भेदको अपने आस्तीनमें ही छिपाये रखा।

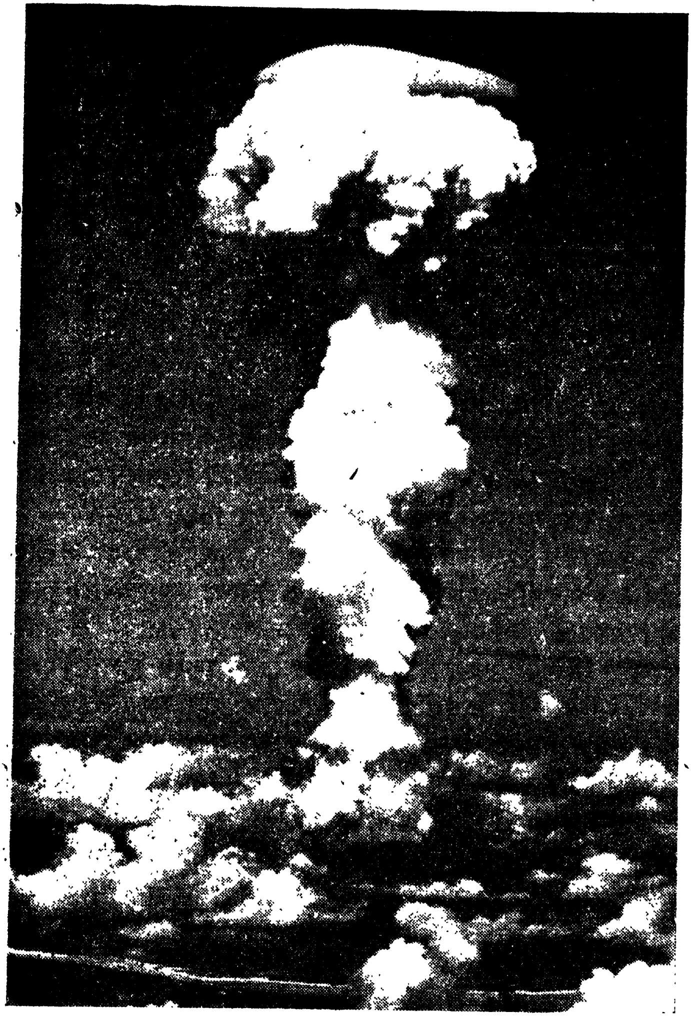
इस समयतक जापानकी सामरिक शक्ति इतनी क्षीण हो चुकी थी कि वह किसी भी क्षण घुटने टेकनेको तैयार था। अतः ट्रूमनका यह दावा कि परमाणुबमको गिराकर जापान-युद्धको तुरन्त खत्म करना आवश्यक था, नितान्त गलत था। सच तो यह है कि अमेरिका नहीं चाहता था युद्ध ८ अगस्ततक चलता रहे, क्योंकि तभी कान्फ्रेन्सके निर्णयके अनुसार रूस भी जापान-पर आक्रमण कर देता और उस दशामें जापानको हरानेका श्रेय रूसको भी मिलता। वास्तवमें ट्रूमनके राजनीतिज्ञ इस उतावलीमें थे कि इस बहाने वे रूसको दिखा सकेंगे कि उनके पास परमाणुबम सरीखा भयंकर अस्त्र मौजूद है। इसीलिए बिना किसी विशेष आवश्यकताके ही जापानपर दोनों परमाणुबम

गिराये गये। उस समय अमेरिकाके शस्त्रागारमें गिनतीके कुल ये ही दो परमाणुबम मौजूद थे!

इस सम्बन्धमें यह बताना अनुपयुक्त न होगा कि जून १९४५ में वैज्ञानिकोंकी एक समितिने प्रेसिडेण्ट ट्रूमनको परामर्श दिया था कि परमाणुबमको किसी नगरपर न गिराकर उसे शत्रुप्रदेशके किसी निर्जन भूमिखण्डपर गिराना चाहिये ताकि बमकी विध्वंसक शक्तिका प्रदर्शन हो सके। किन्तु ट्रूमनने उनके सुझावको नहीं माना, वे तो परमाणुबमका आतंक समस्त संसारपर जमाना चाहते थे, इसी कारण १ लाख निरीह नागरिकोंकी हत्याका आयोजन उन्होंने किया।

इसके उपरान्त अनेक वैज्ञानिकोंने जो अमेरिकाकी परमाणुबमकी योजनासे सम्बद्ध रहे हैं, खुले शब्दोंमें अपना क्षोभ प्रगट किया कि परमाणुबमका उपयोग जापानकी जनतापर इस अमानुषिक ढंगपर नहीं किया जाना चाहिये था। वास्तवमें पिछले २५ वर्षोंमें वैज्ञानिकोंके अन्दर अपने अनुसन्धानोंके प्रति एक नवीन चेतनाका प्रादुर्भाव हुआ है। वे अब महसूस करने लग गये हैं कि एक नागरिककी हैसियतसे उनका यह परमकर्तव्य है कि वे इस बातकी पूरी सावधानी रखें कि उनके आविष्कारों तथा अनुसन्धानोंका उपयोग मानवकल्याणके लिए ही किया जाय, अन्यथा नहीं।

मानव सभ्यताको सर्वनाशसे बचानेके उद्देश्यसे भविष्यके परमाणु-युद्धको रोकनेके लिए साहसपूर्ण कदम बढ़ाना होगा। इस समस्याका हल राष्ट्रीयताके सीमित दायरेसे बाहर आकर हमें अन्तर्राष्ट्रीय प्राङ्गणमें ढूँढ़ना होगा। तदनुसार संयुक्त राष्ट्र परिषद् (यू० एन० ओ०) ने इसी उद्देश्यको दृष्टिमें रखकर २४ जनवरी १९४६ को परमाणु शक्ति कमीशनकी नियुक्ति की। किन्तु तथाकथित बड़े राष्ट्रोंके पारस्परिक अविश्वासके कारण उक्त कमीशन



बिकनी द्वीपके परीक्षणमें परमाणुबमके विस्फोटके ६ मिनट उपरान्त यह फोटो ली गयी थी। आकाशमें लगभग २ मील्की ऊँचाईतक तप्त गैसोंके बादलका स्तम्भ उठा था समुद्रमें मानों प्रलयका तूफान आ गया था।

अपने उद्देश्यमें अधिक सफल न हो सका।

फलस्वरूप अमेरिका, इंग्लैण्ड, रूस आदि देशोंके वैज्ञानिकोंका असन्तोष परमाणुविज्ञान-सम्बन्धी प्रतिबन्धोंके विरुद्ध बढ़ता गया। उन्होंने यह निश्चय किया कि विज्ञानको वे राजनीतिक दाँव-पेंचके नागपाशसे मुक्त करानेकी भरपूर चेष्टा करेंगे। स्वर्गीय डा० आइन्सटाइनने अपनी मृत्युसे कुछ ही दिनों पूर्व इस सम्बन्धमें एक वक्तव्य प्रकाशित किया था जिसमें उन्होंने परमाणु-शक्तिके विध्वंसात्मक उपयोगकी भरपूर भर्त्सना की थी तथा स्पष्ट शब्दोंमें यह बतलाया था कि "भावी युद्धमें परमाणु अस्त्रोंका उपयोग अनिवार्य है और यह युद्ध हमारी सभ्यता और संस्कृतिको पूर्णतया नष्ट कर देगा। अतः यह नितान्त आवश्यक है कि परमाणु शस्त्रास्त्रोंके निर्माणको अविलम्ब रोककर परमाणु-विज्ञानका विकास रचनात्मक लक्ष्यके लिए किया जाय।"

इस बीच जनतन्त्री देशोंकी जनताने भी परमाणु अस्त्रोंके विरोधमें अपनी आवाज ऊँची की। फलस्वरूप प्रथम परमाणुबमके विस्फोटके ठीक दस वर्ष उपरान्त अगस्त, १९५५ में जेनेवामें परमाणु-शक्तिके रचनात्मक उपयोगके सम्बन्धमें विचार-विमर्श करनेके लिए विभिन्न देशोंके वैज्ञानिकोंका एक सम्मेलन संयुक्त राष्ट्र-संघके तत्त्वावधानमें आयोजित किया गया। इस सम्मेलनके सभापति भारतके प्रसिद्ध वैज्ञानिक डाक्टर भाभा चुने गये थे। इस सम्मेलनमें कुल ७२ देशोंके लगभग १२०० प्रतिनिधियोंने भाग लिया। पूरे ११ दिनोंतक सम्मेलनमें परमाणु-शक्तिके रचनात्मक पहलूपर विचार-विमर्श किया गया। परमाणु-विखण्डन सम्बन्धी नूतनतम अनुसन्धानोंका विवरण विभिन्न देशोंके वैज्ञानिकोंने सम्मेलनके सम्मुख प्रस्तुत किया और इस प्रकार बिना किसी भेदभावके परमाणु-शक्ति सम्बन्धी ज्ञानका परस्पर आदान-प्रदान किया जा सका।

इस सम्मेलनने सर्वसम्मतिसे 'परमाणु-शक्ति एजेन्सी' नामकी एक अन्तर्राष्ट्रीय संस्थाकी भी स्थापना की है जिसके सदस्य-देशोंकी संख्या ८० तक पहुँच चुकी है। यह संस्था परमाणु-शक्तिके रचनात्मक उपयोग सम्बन्धी शोधकार्यको आगे बढ़ानेमें अपना सहयोग देगी। इस संस्था द्वारा विभिन्न देशोंके बीच परमाणु-शक्ति सम्बन्धी अनुसन्धानफलोंका आदान-प्रदान किया जा सकेगा तथा पिछड़े हुए देशोंके वैज्ञानिकोंके लिए परमाणु-विज्ञानके क्षेत्रमें प्रशिक्षणका भी प्रबन्ध किया जायगा। इस संस्थाको अधिकार प्राप्त है कि वह सदस्य-देशोंकी परमाणु प्रयोग-शाला अथवा उससे सम्बद्ध फैक्टरीका निरीक्षण यह देखनेके लिए कर सके कि वहाँ युरैनियम आदि तत्त्वोंसे युद्धास्त्रका निर्माण तो नहीं हो रहा है। परमाणु-शक्तिके रचनात्मक उपयोगकी योजना-के विभिन्न सोपानोंपर कहीं भी युरैनियम सरीखी धातुको चुपके-से हटाकर गुप्त रूपसे परमाणुबमका निर्माण किया जा सकता है। अतः परमाणु-शक्तिके विकास-योजनाके हर सोपानपर उक्त समिति-को पूरी चौकसी रखनी होगी। समितिके अधिकारीको विस्तृत रूपसे इस बातकी जाँच करनी होगी कि कितना कच्चा माल फैक्टरीमें आया तथा उससे जो युरैनियम २३५ अथवा प्लूटो-नियम पृथक् किया गया वह कहाँपर और किस ढंगसे उपयोगमें लाया जा रहा है।

परमाणु-शक्ति एजेन्सी इन परमाणु प्रयोगशालाओंमें काम करनेवाले वैज्ञानिकों तथा सहायकोंके स्वास्थ्यकी सुरक्षाकी व्यवस्थाकी भी देख-रेख करेगी।

यह ध्यान देने योग्य बात है कि इस अन्तर्राष्ट्रीय समिति द्वारा इस ढंगके नियन्त्रणको स्वीकार करनेमें प्रकाश्यरूपसे राष्ट्रसत्ताको क्षति अवश्य पहुँचेगी। रूढ़िगत परम्परासे चली आनेवाली पूर्णसत्ताकी मनोवृत्तिको इस तरहका नियन्त्रण अप्रिय

ही प्रतीत होगा। किन्तु वास्तविकता यह है कि परमाणु-शक्तिके युगमें राष्ट्रीयताकी ऊँची दीवारें कायम नहीं रह सकतीं। समस्त भूमण्डलको अन्तर्राष्ट्रीयताके एक सूत्रमें बाँधना होगा—इस अखिल ब्रह्माण्डमें पृथ्वी तो एक नन्हा-सा पिण्ड है, अतः इसपर बसनेवाले सभी मनुष्य रंग तथा जाति-भेदको भूलकर यदि एक कुटुम्बके सदस्य नहीं बन सके तो फिर वे अपने सर्वनाशको रोक नहीं सकते। परमाणुयुगमें समस्त भूमण्डलके लिए या तो एक राष्ट्र होगा या फिर कोई भी नहीं।

परमाणु-शक्तिकी इस विकट चेतावनीके प्रति यदि मानव-समाज अब भी उदासीन बना रहा तो निश्चय ही उसके कदम आत्महत्याकी ही ओर बढ़ेंगे।

परिशिष्ट

अदृश्य किरणें (Invisible rays)—ऐसी किरणें जिन्हें हमारी आँखें साधारणतः देख नहीं पातीं हैं। एक्स किरणें, अल्ट्रा-वायलेट किरणें या गामा रश्मियाँ इसी जातिकी किरणें हैं।

अनुसन्धान (Research)—किसी क्षेत्रमें नवीन तथ्यकी खोज।

अणु (Molecule)—यौगिक पदार्थ या मूलतत्त्वकी यह सबसे छोटी ऐसी इकाई होती है जिसमें उस पदार्थके सभी गुण मौजूद होते हैं। किन्तु अणुके गुण उसमें उपस्थित परमाणुओंके गुणसे भिन्न होते हैं। उदाहरणके लिए, पानीके अणुमें दो परमाणु हाइड्रोजनके और एक परमाणु आक्सी-जनके परस्पर रासायनिक रीतिसे मिले हुए रहते हैं। लेकिन पानीके गुण आक्सीजन या हाइड्रोजनके गुणोंसे सर्वथा भिन्न हैं।

अर्ग (Erg)—कार्य्यऊर्जा नापनेकी इकाई। जब एक 'डाइन' का बल किसी कणको एक से० मीटर सीधी रेखामें खिस-काता है तब एक 'अर्ग' कार्य्यऊर्जा व्यय होती है।

अल्फा कण(Alpha particle)—हीलियम परमाणुका नाभिक। इसपर दो धनविद्युत आवेश मौजूद रहते हैं। इस कणमें वास्तवमें दो प्रोटान और दो न्यूट्रान परस्पर जुड़े रहते हैं।

अवतल (Concave)—ऐसा धरातल जो किसी खोखले गोलेकी भीतरी सतहके मानिन्द हो।

एक्स रश्मियाँ (X rays)—भारी धातुओंपर एलेक्ट्रान कणोंकी बौछार जब तीव्र वेगसे गिरती है तो इन धातुओंसे एक्स रश्मियाँ निकलती हैं जो अदृश्य होती हैं। किन्तु इसकी वेधनशक्ति प्रबल होती है और रासायनिक मसालेसे पुती हुई काँचकी प्लेटपर ये किरणें चमक उत्पन्न करती हैं।

एलेक्ट्रान (Electron)—पदार्थके मौलिक कणोंमें सम्भवतः सबसे छोटा कण। इसका भार हाइड्रोजन परमाणुका १/१८४० होता है। इसमें ऋणविद्युत मौजूद रहती है। विद्युत आवेशकी सबसे छोटी इकाई एलेक्ट्रानकी विद्युत मात्राके बराबर होती है। प्रत्येक तत्त्वके परमाणुमें एलेक्ट्रान अनिवार्य रूपसे मौजूद रहता है। संसारमें कुल ९२ स्थायी मूलतत्त्व पाये जाते हैं; भारके लिहाजसे इन तत्त्वोंको यदि क्रमसे रखा जाय तो प्रथम स्थान सबसे हल्के तत्त्व हाइड्रोजनको मिलता है और अन्तिम स्थान ९२ वें तत्त्व युरैनियमको मिलता है जो सबसे भारी तत्त्व है। इन तत्त्वोंके परमाणुओंमें एलेक्ट्रान कणोंकी संख्या भी नियमित रूपसे एक-एक करके बढ़ती जाती है। हाइड्रोजनमें एक एलेक्ट्रान है, हीलियममें दो, और अन्तिम तत्त्व युरैनियममें ९२ एलेक्ट्रान पाये जाते हैं।

ए.सी. विद्युत् धारा (Alternating current)—ऐसी विद्युत्-धारा जिसके प्रवाहकी दिशा प्रति सेकण्ड एक निश्चित बार उलट जाती है।

एयरोड्रोम (Aerodrome)—चौरस धरातलके मैदान जहाँ वायुयानके उतरनेके लिए आयोजन रहता है।

उड़न बम (Flying Bomb)—इसे चालकहीन विमान भी कहते हैं। गत महायुद्धमें जर्मनीने उड़न बमकी एक बड़ी संख्या इंग्लैण्डपर गिरायी थी। ये जेटके सिद्धान्तपर उड़ते

हैं। इनके अन्दर विस्फोटक पदार्थ भरे रहते हैं।

कार्बन-डाइ-आक्साइड (Carbon dioxide)—कार्बन और आक्सीजनका यौगिक। वनस्पतियोंके प्रज्वलन तथा जीवधारियोंके श्वास लेनेकी क्रियामें यह गैस बनती है।

कार्य-कारण-सिद्धान्त (Principle of casuality)—यह नियम आधुनिक विज्ञानकी आधारशिला है। इसके अनुसार प्रत्येक कार्यके पीछे एक निश्चित कारण मौजूद रहता है—अर्थात दी हुई परिस्थितियाँ सदैव एक-सा ही फल देंगी।

कीमियागरी (Alchemy)—आधुनिक रसायनका प्रादुर्भाव कीमियागरीसे हुआ। प्राचीन कालमें तत्कालीन वैज्ञानिक इस बातका प्रयत्न कर रहे थे कि वे ऐसी विधि ढूंढ़ निकालें जिससे सीसा, लोहा आदि निकृष्ट धातुओंको वे स्वर्णमें परिणत कर सकें। इस विद्याको कीमियागरीका नाम दिया गया था।

कैथोड रश्मि (Cathode ray)—काँचकी नलीमें अत्यन्त कम दबावपर गैस लेकर उसके दोनों सिरोंपर धातुकी प्लेट लगायें और दोनोंके बीच ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत प्रवाहित करायें तो ऋण प्लेटके धरातलसे समकोण दिशामें एलेक्ट्रान कणोंकी बौछार निकलती है जिसे 'कैथोड रश्मि'के नामसे पुकारते हैं। कैथोड रश्मिमें एलेक्ट्रान कणोंकी रफ्तार बहुत तेज होती है।

क्लोरीन (Chlorine)—हरे पीत वर्णकी गैस जो एक मूलतत्त्व है। यह एक विषाक्त गैस है।

क्लोरोफिल (Chlorophyll)—वनस्पतिमें पाया जानेवाला हरे रंगका पदार्थविशेष। इसकी सहायतासे सूर्यके प्रकाशमें पौधे वायुकी कार्बन-डाइ-आक्साइडका विश्लेषण करके उसके कार्बनको अपनेमें जज्ब कर लेते हैं और आक्सीजन गैसको मुक्त

करते हैं

क्रिप्टन (Krypton)—एक मूलतत्त्व जो साधारण अवस्थामें गैसरूपमें वायुमण्डलमें अत्यल्प मात्रामें पाया जाता है।

कृत्रिम रेडियो धर्मिता (Artificial Radio-activity)—न्यूट्रान तथा तेजस्क्रिय किरणों द्वारा आघात पहुँचाकर अनेक तत्त्वोंको अस्थायी रूपसे रेडियो धर्मी बना सकते हैं। इस क्रियाको कृत्रिम रेडियो धर्मिताका नाम दिया गया है। देखिये 'रेडियो धर्मिता'।

गामा रश्मियाँ (Gamma rays)—ये किरणें रेडियो धर्मी पदार्थोंसे विसर्जित होती हैं। ये एक्स-किरणोंकी जातिकी होती हैं, किन्तु इनका तरंग-दैर्घ्य एक्स किरणोंकी तरंगकी लम्बाईसे कम होता है। अतः इनकी वेधनशक्ति अपेक्षाकृत अधिक होती है। इन किरणोंपर चुम्बकीय या विद्युत् क्षेत्र-का कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)—इस नियमका प्रतिपादन सबसे पहले सर आइजक न्यूटनने किया था कि विश्वके सभी छोटे-बड़े पदार्थोंके बीच परस्पर आकर्षणका बल काम करता है। गुरुत्वाकर्षणके ही बलपर पृथ्वी सूर्यके गिर्द परिक्रमा लगाती है तथा चन्द्रमा पृथ्वीके गिर्द घूमता है।

चालक शक्ति (Motive power)—किसी यन्त्र या मशीनको चलानेवाली शक्ति।

जाइगर काउण्टर (Geiger Counter)—एक विशेष प्रकारका विद्युत् यन्त्र। इसे जब न्यूट्रान कण या तेजस्क्रिय किरणोंके निकट लाते हैं तब इसमेंसे 'क्लिक' 'क्लिक'की ध्वनि उत्पन्न होती है। रेडियो वाल्व द्वारा इस ध्वनिको प्रबल बना सकते हैं।

ज़ीटा (Zeta)—इंग्लैण्डके परमाणु वैज्ञानिकों द्वारा निर्मित एक शक्तिशाली यन्त्र जिसकी सहायतासे लगभग १ करोड़ डिग्री सेण्टीग्रेडका ताप उत्पन्न करके भारी हाइड्रोजनके नाभिकोंका परस्पर संश्लेषण कराकर हीलियम नाभिकका निर्माण करते हैं। इस क्रियामें ढेर-सी ऊर्जा भी विमुक्त होती है। देखिये 'संश्लेषण'।

टेलीविजन (Television)—लघु रेडियो ऊर्जा तरङ्गों द्वारा एक स्थानके दृश्यका बिम्ब दूसरी जगह तुरन्त निर्मित कर लेते हैं। इस क्रियाको टेलीविजनके नामसे पुकारते हैं।

ट्रान्सफार्मर (Transformer)—ऐसा यन्त्र जिसकी सहायतासे ए. सी. विद्युत्‌की वोल्टेजको इच्छानुसार घटा-बढ़ा सकते हैं। देखिये 'वोल्टेज'।

डायट्रान (Deuteron)—साधारण हाइड्रोजनके समस्थानिक भारी हाइड्रोजनका नाभिक। इस नाभिकमें एक प्रोटान और एक न्यूट्रान मौजूद होते हैं। परमाणु-विघटन क्रियामें परमाणु-नाभिकपर आघात पहुँचानेके लिए डायट्रानका उपयोग प्रायः करते हैं। देखिये, 'समस्थानिक', 'विघटन'।

डी. सी. विद्युत् (Direct Current)—ऐसी विद्युद्‌धारा जो निरन्तर एक ही दिशामें प्रवाहित होती है।

तेजस्क्रिय किरणें (Radio-active rays)—रेडियो धर्मी पदार्थोंसे विसर्जित होनेवाली किरणें। इनमें अल्फा किरणें, बीटा किरणें तथा गामा किरणें शामिल हैं।

दाहकबम (Incendiary bomb)—ऐसे बम जो लक्ष्यपर गिरनेपर उसमें आग लगा देते हैं। ये बम आकारमें छोटे होते हैं तथा इनके अन्दर थर्माइट भरा होता है। विस्फोट करनेपर ये ऊँचे तापकी ज्वाला उत्पन्न करते हैं।

धनात्मक (Positive)—विद्युत् दो प्रकारकी होती है, धनात्मक

और ऋणात्मक ।

दीर्घवृत्त (Ellipse)—यह रेखाकृति वृत्तसे इस मानेमें भिन्न होती है कि इसके एक ओरका व्यास उसकी समकोण दिशाके व्याससे भिन्न होता है। सूर्यके गिर्द पृथ्वीका भ्रमणमार्ग दीर्घवृत्तके आकारका है। परमाणुमें नाभिकके गिर्द परिक्रमा लगानेवाले एलेक्ट्रान भी दीर्घवृत्तमार्गका अनुसरण करते हैं।

थियरेटिकल (Theoretical)—ऐसे निष्कर्ष जो प्रयोगकी सहायताके बिना केवल पूर्वज्ञानके सहारे प्राप्त किये जायँ, थियरेटिकल कहलाते हैं।

नाइट्रोजन (Nitrogen)—एक गैस जो मूलतत्त्व है। वायु-मण्डलमें इसकी मात्रा लगभग ८० प्रतिशत है।

निअन (Neon)—एक मूलतत्त्व जो साधारण अवस्थामें गैस-रूपमें मिलती है। वायुमण्डलमें यह अत्यल्प मात्रामें मौजूद है।

निर्दोष हाइड्रोजनबम (Clean Hydrogen Bomb)—ऐसा हाइड्रोजनबम जिसमें विस्फोट करानेके लिए युरैनियम या प्लूटोनियमका उपयोग नहीं करते हैं। अतः इसके विस्फोटन-के फलस्वरूप 'स्ट्रांशियम ९०' उत्पन्न नहीं होने पाता। देखिये, 'हाइड्रोजनबम'।

नेप्च्यून (Neptune)—सौरमण्डलका एक ग्रह। इसकी सूर्यसे दूरी २ अरब ८० करोड़ मील है।

न्यूट्रान (Neutron)—एक विद्युत् रहित मौलिक कण, जिसका भार हाइड्रोजन परमाणुके नाभिक 'प्रोटान'के भारके बराबर होता है। साधारण हाइड्रोजनके अतिरिक्त अन्य सभी तत्त्वोंके परमाणुनाभिकमें यह अनिवार्य रूपसे मौजूद रहता

है। भारी हाइड्रोजनके परमाणुनाभिक 'डायट्रान' में एक प्रोटान और एक न्यूट्रान मौजूद होते हैं।

परमाणु (Atom)—मूलतत्त्वका क्षिप्रतम कण जिसमें उस तत्त्वके सभी रासायनिक गुण मौजूद रहते हैं। परमाणु ठोस पिण्ड नहीं होता है, बल्कि सौरमण्डलकी भाँति इसके अन्दर एक या एकसे अधिक एलेक्ट्रान कण इसके धनविद्युन्मय नाभिककी परिक्रमा लगाते हैं। परमाणुकी लगभग समस्त पदार्थमात्रा उसके नाभिकमें निहित होती है। पिछली शताब्दीतक ख्याल किया जाता था कि परमाणु रूढ़ि पिण्ड हैं जिन्हें तोड़ा नहीं जा सकता, किन्तु अब यह निर्विवाद रूपसे सिद्ध हो चुका है कि परमाणुओंमें तीन मौलिक कण पाये जाते हैं, प्रोटान, न्यूट्रान तथा एलेक्ट्रान। नाभिक केवल प्रोटान और न्यूट्रानसे बने होते हैं। इनकी संख्यामें हेरफेर करनेसे एक तत्त्वके परमाणु दूसरे तत्त्वके परमाणुमें बदले जा सकते हैं।

परमाणुवाद (Atomic theory)—इस सिद्धान्तके प्रवर्तक ब्रिटिश वैज्ञानिक डैल्टन थे। इस सिद्धान्तके अनुसार किसी मूलतत्त्वके सभी परमाणु हर मानेमें एक-से होते हैं, ये अदृश्य तथा अविभाज्य हैं तथा ये रासायनिक क्रियाकी इकाई हैं। आधुनिक अनुसन्धान बतलाते हैं कि परमाणुवादकी मान्यताएँ दोषपूर्ण हैं क्योंकि परमाणु रुढ़ि अविभाज्य पिण्ड नहीं रहे, इन्हें तोड़ा जा सकता है तथा एक ही तत्त्वके परमाणु विभिन्न भार भी रख सकते हैं। देखिए 'समस्थानिक'

परमाणु पुञ्ज (Atomic Pile)—युरैनियमके विखण्डन द्वारा नियन्त्रित ढंगपर तापशक्ति उत्पन्न करनेवाल यन्त्रसंस्थान। कार्बनके डण्डोंसे सजायी गयी एक चिता सरीखी इसकी

बनावट होती है, जिसके अन्दर युरेनियमकी सलाखें डाली गयी रहती हैं। इसे प्रज्वलित करनेपर ताप उत्पन्न होता है और युरेनियमसे प्लूटोनियमका भी निर्माण होता है। इस संस्थानको परमाणुभट्ठी (Atomic Reactor) भी कहते हैं।

परमाणु रिएक्टर (Atomic Reactor)—परमाणु पुञ्जकी ही तरहका यन्त्र-संस्थान, जिसका उपयोग तापशक्ति प्राप्त करनेके लिए न होकर प्रायः अनुसन्धान-कार्यके लिए कृत्रिम रेडियो-सक्रिय समस्थानिक प्राप्त करनेके लिए किया जाता है।

परमाणु-विखण्डन (Atomic Fission)—न्यूट्रानके आघातसे परमाणु-नाभिक जब लगभग दो बराबर वजनके टुकड़ोंमें खण्डित हो जाता है तो इस क्रियाको परमाणु-विखण्डन कहते हैं। परमाणु-विखण्डनमें पदार्थका कुछ अंश विलुप्त होकर अर्जामें परिणत हो जाता है।

परमाणु भट्ठी (Atomic Furnace)— देखिये 'परमाणु पुञ्ज'।

परमाणु-विघटन (Splitting of the Atom)—जब परमाणु-नाभिक इस प्रकार छिन्न-भिन्न होता है कि उसके बाद एकाध अवयव ही उसमेंसे बाहर निकलें तो इस क्रियाको 'परमाणु-विघटन' कहते हैं।

परमाणु-भार (Atomic Weight)—परमाणुका भार नापनेके लिए हाइड्रोजन-परमाणुके नाभिकका भार १ माना गया है। इसी पैमानेपर अन्य तत्त्वोंके परमाणुओंके भार व्यक्त किये जाते हैं। उदाहरणके लिए इस पैमानेपर आक्सीजनका परमाणु-भार १६ है तथा युरेनियमका परमाणु-भार २३८ है।

पाज़िट्रान (Positron)—एलेक्ट्रानके बराबर भार रखनेवाला

कण जिसमें ऋणविद्युतके बजाय एलेक्ट्रानके बराबर ही धन-विद्युत मौजूद रहती है।

पारस पत्थर (Philosopher's Stone)—कवियोंकी कल्पना द्वारा ईजाद किया गया ऐसा पत्थर जिसकी यह विशेषता बतलायी गयी है कि यदि वह लोहेको छू ले तो यह लोहा सोना बन जाता है।

प्रतिकर्षण (Repulsion)—हटावका बल। समान जातिकी विद्युतमें सदैव प्रतिकर्षणका बल लगता है।

प्रोटान (Proton)—सामान्य हाइड्रोजन परमाणुका नाभिक। इसकी धनविद्युत मात्रा एक एलेक्ट्रानकी ऋणविद्युत मात्राके बराबर होती है, किन्तु इसका भार एलेक्ट्रानके भारका १८४० गुना होता है। सभी तत्त्वोंके परमाणु-नाभिकमें एक या अधिक प्रोटान अवश्य मौजूद होते हैं।

प्लूटोनियम (Plutonium)—एक मूलतत्त्व जो प्रकृतिमें साधारणतः पाया नहीं जाता है। युरैनियम २३८ के नाभिक जब न्यूट्रान कणको अपनी पकड़में ले लेते हैं तब यह नवीन तत्त्व उत्पन्न होता है। यह रेडियो धर्मी होता है, किन्तु यह अल्पकालके लिए ही जीवित रहता है।

फास्फोरस (Phosphorus)—एक मूलतत्त्व। यह तत्त्व खुली हवामें छोड़ देनेपर अपने आप प्रज्वलित हो जाता है। शरीरकी हड्डियोंकी रचनामें इसका प्रमुख स्थान है।

बेरिलियम(Beryllium)—एक मूलतत्त्व।

बीटा रश्मियाँ (Beta Rays)—रेडियो धर्मी पदार्थोंमेंसे एलेक्ट्रान कणोंकी बौछार तीव्रतम गतिसे निकलती है। इसे बीटा रश्मियाँ कहते हैं।

ब्वायलर (Boiler)—बड़ा बर्तन जिसमें वाष्प-इञ्जिनके लिए पानी उबालकर भाप उत्पन्न करते हैं।

युरैनियम (Uranium)—भारके विचारसे सबसे अन्तिम स्थान ग्रहण करनेवाला तत्त्व। इसका परमाणु-भार २३८ है। यह रेडियो धर्मी पदार्थ है। इसके समस्थानिक युरैनियम (भार २३५) से ही परमाणुबम बनाया गया है।

राकेट (Rocket)—ऐसे यान जो बिना प्रोपेलरके ही ऊँचे आकाशमें उड़ सकते हैं। इनकी पूँछमें विस्फोटक पदार्थ भरे होते हैं। इनके प्रज्वलनसे उत्पन्न हुई तप्त गैसें पीछेकी ओर तीव्र वेगसे भागती हैं तो प्रतिक्रियाके धक्केसे राकेट सामनेकी ओर भागता है। ऊर्ध्वाकाशके शून्य प्रदेशमें केवल राकेट ही उड़ सकते हैं। अपनी चालक शक्तिके लिए राकेट आकाशकी वायुपर आश्रित नहीं रहते।

रैडान (Radon)—एक रेडियो धर्मी मूलतत्त्व जो साधारण अवस्थामें गैस-रूपसे पाया जाता है।

रेडार (Radar)—इस यन्त्रकी मददसे लघु रेडियो तरंगों द्वारा दूरकी वस्तुओंकी स्थिति और उनकी दूरीका पता लगा सकते हैं। घने अन्धकार या कुहरेमें भी यह यन्त्र काममें लाया जा सकता है।

रेडियो धर्मिता (Radio-activity)—युरैनियम तथा रेडियम सरीखी धातुओंके परमाणु-नाभिकमेंसे अपने आप अल्फा-कण, बीटा रश्मियाँ तथा गामा रश्मियाँ अबाध रूपसे निकलती रहती हैं। इस क्रियाको रेडियो धर्मिता या रेडियो सक्रियता कहते हैं।

रेडियो तरङ्गें (Radio Waves)—रेडियो द्वारा ध्वनिको एक स्थानसे दूसरे स्थानको भेजनेके लिए रेडियो (वायरलेस) तरंगोंका उपयोग किया जाता है। ये तरंगें आकाशमें प्रति सेकण्ड १,८६,००० मीलके वेगसे गमन करती हैं। शून्य या वैकुअममेंसे भी ये आसानीसे गुजर सकती हैं।

रेडियो सक्रियता(Radio-activity)—देखिये,'रेडियो धर्मिता'।

रेडियो सक्रिय अनुरेखक (Radio-active tracer)—कृत्रिम रेडियो सक्रिय समस्थानिक रेडियो सक्रिय अनुरेखक कहलाते हैं, क्योंकि जहाँ कहीं इन्हें प्रविष्ट कराते हैं वहीं अपनी रेडियो सक्रिय किरणें ये विकीरित करते हैं जिनका 'जाइगर काउण्टर' यन्त्र द्वारा पता लगाया जा सकता है। अतः ये अपनी स्थितिका आभास फौरन देते हैं।

रेडियो सेट (Radio set)—रेडियो तरंगको ग्रहण करके उनपर आरूढ़ कराये गये विद्युतकम्पनको पुनः ध्वनिमें परिवर्तित करनेवाला यन्त्र। रेडियो प्रोग्राम सुननेके लिए ये ही यन्त्र प्रायः घरोंमें प्रयुक्त होते हैं।

रेडियम (Radium)—एक रेडियो धर्मी तत्त्व जिसका परमाणु-भार २२६ है। यह अपनेमेंसे अल्फा कण, बीटा रश्मियाँ तथा गामा रश्मियाँ विसर्जित करता है

लीथियम (Lithium)—भारके विचारसे हाइड्रोजनके बाद लीथियमका स्थान तीसरा है। यह भी एक मूलतत्त्व है।

लूकेमिया (Leukaemia)—रक्तकी एक घातक बीमारी। रक्तके अन्दर श्वेत कोषोंकी संख्या अत्यधिक रूपसे बढ़ जानेके कारण यह बीमारी पैदा होती है।

वान-डी-ग्राफ जनरेटर (Van de Graaf Generator)—अत्यन्त ऊँचे वोल्टेजकी विद्युत् उत्पन्न करनेवाला यन्त्रविशेष।

विद्युत् आवेश (Electric charge)—विद्युतमात्रा। इसकी न्यूनतम इकाई एलेक्ट्रानकी विद्युतमात्राके बराबर होती है।

विस्फोटन (Explosion)—तीव्र गतिसे किसी क्रियाका इस तरह सम्पादित होना कि उससे ढेर-सी ऊर्जा विमुक्त हो। विस्फोटनमें धड़ाकेकी आवाज भी उत्पन्न होती है।

वी २ (V 2)—तीव्रगामी राकेट जिसका आविष्कार जर्मनीने

गत महायुद्धमें किया था। ये हजारों मील प्रति घण्टेके वेगसे ऊँचे आकाशमें उड़ सकते हैं।

वैकुअम पम्प (Vacuum Pump)—ऐसे पम्प जो किसी बन्द स्थानसे सुड़ककर हवा बाहर खींच लेते हैं, और उस स्थान-पर वैकुअम (शून्य) उत्पन्न हो जाता है।

समस्थानिक (Isotope)—एक ही मूलतत्त्वके परमाणु यदि भारमें एक-दूसरेसे भिन्न हों तो ये परस्पर 'समस्थानिक' कहलाते हैं। समस्थानिकोंके रासायनिक गुण एक-से होते हैं, केवल उनके परमाणु-भारमें अन्तर होता है। समस्थानिकोंके नाभिकोंमें प्रोटानकी संख्या समान होती है, किन्तु न्यूट्रानों-की संख्यामें अन्तर होता है। उदाहरणके लिए, हाइड्रोजनके तीन समस्थानिक होते हैं, साधारण हाइड्रोजनका परमाणु-भार १ होता है, द्वितीय समस्थानिकका भार २ और तृतीय समस्थानिकका भार ३ है। इनके नाभिककी रचना क्रमशः इस प्रकार है, पहलेमें केवल एक प्रोटान है, द्वितीयमें एक प्रोटान और एक न्यूट्रान और तृतीयमें एक प्रोटान तथा दो न्यूट्रान हैं।

साइक्लोट्रान (Cyclotron)—विद्युत् कणोंको तीव्र गति प्रदान करनेवाला विशेष यन्त्र जिसका निर्माण सबसे पहले अमेरि-कन वैज्ञानिक लारेन्सने किया। परमाणु-विघटनके प्रयोगोंमें साइक्लोट्रानका उपयोग एक बड़े पैमानेपर किया जाता है।

सूत्र (Formula)—सङ्केत द्वारा किसी सिद्धान्त या नियमको गणितकी सहायतासे संक्षेपमें व्यक्त करते हैं, तो उस सङ्केतको सूत्र कहते हैं।

संश्लेषण (Fusion)—सामान्य हाइड्रोजन अथवा भारी हाइ-ड्रोजनके नाभिकको अत्यधिक ऊँचे तापतक गर्म करनेपर तीव्र गति मिलती है, तो ये नाभिक परस्पर वेगसे टकराकर

संयोग करके हीलियम नाभिकका निर्माण करते हैं। इस क्रियाको संश्लेषण कहते हैं। संश्लेषणमें पदार्थका एक अंश विलुप्त होकर ऊर्जामें परिणत हो जाता है। हाइड्रोजनके विस्फोटमें डायट्रानके संश्लेषणसे ही ऊर्जा विसर्जित होती है।

हाइड्रोजनबम (Hydrogen bomb)—जब कभी हाइड्रोजनके नाभिक 'डायट्रान' लगभग १० करोड़ डिग्रीका ताप पाकर परस्पर संश्लेषण करके हीलियम नाभिकका निर्माण करते हैं तब पदार्थका शतांश विस्फोटकी ऊर्जामें विसर्जित होता है। हाइड्रोजनबम इसी सिद्धान्तपर बनाया गया है। देखिये, 'संश्लेषण'।

हीलियम (Helium)—एक मूलतत्त्व जो साधारण अवस्थामें गैस-रूपमें मिलता है। भारके विचारसे हाइड्रोजनके बाद इसीका स्थान है।

दिनांक Date	उधारकर्ता की संख्या Borrower's No.	दिनांक Date	उधारकर्ता की संख्या Borrower's No.